

102  
2e3



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL, UNA  
HERRAMIENTA DE LA ADMINISTRACION  
INDUSTRIAL PARA INCREMENTAR  
LA PRODUCTIVIDAD

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A :  
CARLOS MORALES CUETO



MEXICO, D. F.

1 8 9 3

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## CONTENIDO

Introducción.	1
<b>1. Antecedentes.</b>	<b>4</b>
1.1. Calidad Total	5
1.2. Administración por Objetivos	8
1.3. Manufactura Justo a Tiempo	11
1.4. Teoría de Restricciones	14
<b>2. Evolución del Mantenimiento.</b>	<b>17</b>
2.1. Mantenimiento Correctivo	17
2.2. Mantenimiento Preventivo	18
2.3. Mantenimiento Productivo	19
2.4. Mantenimiento Productivo Total	20
<b>3. Definición del Mantenimiento Productivo Total.</b>	<b>22</b>
3.1. Estructura	22
3.2. Meta	25
3.3. Estrategia	25
<b>4. Maximizando la Eficiencia Total del Equipo.</b>	<b>29</b>
4.1. Pérdidas Crónicas y Esporádicas	30
4.2. Pérdidas por Paros de Operación Mayores	33
4.3. Pérdidas por Tiempo de Preparación y Ajustes	37
4.4. Pérdidas por Equipo Ocioso	39
4.5. Pérdidas por Velocidad Reducida	40
4.6. Pérdidas por Defectos de Proceso	41
4.7. Pérdidas por Rendimiento Reducido	42
4.8. Armas de Mejora de Confiabilidad de Proceso	43
<b>5. Actividades de Desarrollo de MPT.</b>	<b>44</b>
5.1. Grupos Pequeños Multifuncionales	44
5.2. Entrenamiento para Desarrollo de Habilidades	47
5.3. Mantenimiento Autónomo	50
5.4. Plan Mejorador de Mantenimiento Preventivo	54
5.5. Programa de Administración Temprana de Equipo.	58
5.6. MPT en Áreas de Soporte.	59
<b>6. Efecto de MPT Sobre la Productividad.</b>	<b>62</b>
6.1. Apoyo a Administración por Valor Agregado	63
6.2. Resultados de Implementación	64
6.3. Ejemplo	68
<b>7. Como Implementar MPT.</b>	<b>68</b>
7.1. Preparación	68
7.2. Implementación Preliminar	71
7.3. Implementación	72
7.4. Estabilización	76
<b>8. Conclusiones.</b>	<b>79</b>
<b>Bibliografía.</b>	<b>82</b>

## INTRODUCCIÓN

*"Nosotros (Japón) vamos a ganar y el oeste industrial va a perder. No hay mucho que ustedes puedan hacer al respecto, por que las razones de su fracaso estan en ustedes mismos. Sus empresas están constituidas bajo el modelo Taylor... Para ustedes, la esencia de la administración está en obtener las ideas de las cabezas de los jefes y pasarlas a la fuerza de trabajo ... Para nosotros, el cuerpo de la administración es precisamente el arte de movilizar los recursos intelectuales de todos los empleados en servicio de la empresa . Una organización puede encarar la turbulencia y contratiempos del mundo actual sólo si se delinea la combinación ideológica de todos sus empleados. Es por esto que nuestras grandes empresas dan a sus empleados tres o cuatro veces más entrenamiento que las de ustedes, es por eso que ellos promueven dentro de la organización tal intercambio intensivo y comunicación. "*

*Konosuke Matsushita, fundador de Matsushita Electric.*

El mundo vive una era de cambios acelerados que han impactado a México y su efecto se ha visto en algunas organizaciones, y en el corto o mediano plazo tendrán repercusión en aquellas que aún no lo han sentido. Los sistemas Politico-Económicos han experimentado cambios fundamentales en todos los renglones de la sociedad. Por ejemplo:

En lo económico los países están dejando de ser independientes para volverse más interdependientes. Los conquistadores modernos ya no usan armas sino productos de calidad.

En la tecnología los procesos de diseño de productos y servicios se han acortado tanto, que los nuevos productos se vuelven obsoletos con suma rapidez. La apertura de fronteras abarca desde tecnología hasta bienes de capital, materias primas y productos terminados. Las empresas competitivas globalmente deben anticipar las necesidades de sus clientes, conocerlo plenamente y ofrecerles un producto óptimo.

En el área comercial la apertura de mercados obliga a ser competitivos internacionalmente con productos y servicios que respondan a las necesidades de los usuarios.

La calidad es el primer requisito que piden los clientes. El interés por la calidad estriba en que es el factor primordial para competir en un mercado exterior.

Todos estos factores provocan que la administración industrial este ahora más que nunca enfocada a aumentar la productividad. Es decir en el futuro las empresas que sobrevivan a este medio tan competitivo, se distinguirán por los siguientes factores:

1) Políticas y metas claras: De manera que todo el personal conozca la visión, y el alcance de la empresa así como el rumbo a seguir y las estrategias principales. Con ello el personal será conciente del impacto que tendrá su labor en el desarrollo de la misma.

2) Administración participativa: Manteniendo una buena relación con los empleados, de manera que en los equipos de trabajo los trabajadores sean expertos, y los ingenieros y administradores actúen como facilitadores de recursos, incorporando la contribución del personal a la empresa.

3) Dirección hacia el mercado: Serán las que identifiquen nichos de mercados para sus productos y servicios, y que los tengan disponibles en el lugar y momento adecuados. Además podrán anticipar las necesidades de los clientes para tener listos sus productos y servicios y con ello mantener su posición tanto en los mercados nacionales como internacionales.

4) Sistema de mejoramiento continuo y rápido: Mediante un sistema de medida consistente con acciones dirigidas hacia objetivos: Y con ello poder determinar el grado de avance que se tiene respecto a los planes, así como analizar las principales causas de los impedimentos para lograr objetivos y definir acciones para alcanzar los objetivos.

5) Mayor énfasis en el entrenamiento del personal: Al ser la tecnología cada vez más avanzada es necesario tener gente mejor capacitada, con ello además de poder aprovechar el equipo, se pueden detectar los principales problemas con mayor facilidad, así como determinar las principales acciones para prevenir o resolver fallas.

6) Estrategia de Administración por valor agregado: La industria tiene como objetivo transformar materias en productos y con ello darles un valor extra, por el cual pagará el cliente al momento de la venta. De este modo las operaciones que no dan valor al producto deben de tratar

de ser eliminadas o en su defecto minimizadas, ya que estas únicamente están incrementando los costos.

Instalar este tipo de administración implica un esfuerzo permanente y a largo plazo. Es un proceso evolutivo en donde la gerencia debe ser la primera en cambiar ya que son los líderes del cambio. Lo más difícil de conseguir es el cambio a nivel individual especialmente cuando hay una costumbre de toda una vida de hacer las cosas de un modo determinado y sobretodo cuando al haberlo hecho así se ha tenido éxito.

El objetivo de la presente tesis es mostrar que el cambio en la industria se puede conseguir mediante la aplicación de la técnica del mantenimiento productivo total para hacer frente a los retos del futuro.

## 1. ANTECEDENTES

*"Todo animal, incluso todo hombre, dedica cada momento de su vida consciente a a la tarea de mantenerse vivo: de evitar la muerte. Igualmente, incumbe a todos en la fábrica dedicarse de tiempo completo a evitar la muerte del producto..."*

*F.J. Concoran en "Principles of Quality Costs"*

Los productores se encuentran bajo una presión creciente para satisfacer las necesidades del cliente, mejorar la calidad, reducir costos, incrementar la disponibilidad del equipo, disminuir tiempos de entrega, disminuir la contaminación aumentar la seguridad industrial y proveer un lugar de trabajo más limpio y placentero. Las principales soluciones a todos los problemas del productor han estado siendo dadas por una serie de filosofías creadas después de la segunda guerra mundial, ya que es en ese momento cuando la industria comienza a darse cuenta del enorme potencial que existe en los diferentes mercados, los cuales crecen gracias a la gran explosión demográfica, éstos además conocen y exigen más al mantenerse informados por los medios de comunicación masiva. Mientras la industria norteamericana comienza a crear diferentes filosofías para el mejoramiento de sus fábricas, Japón, destrozado económicamente, necesitando reducir la gran brecha entre su renaciente industria y la industria occidental empieza a poner en práctica lo que los norteamericanos únicamente discuten. Como podemos darnos cuenta actualmente Japón dio el salto necesario no sólo para alcanzar a occidente, sino que lo rebasó. A continuación se mencionan brevemente algunos conceptos que influyeron posteriormente en la definición del Mantenimiento Productivo Total.

## 1.1 Calidad Total

*"Ley de Meskimen: Nunca hay tiempo para hacerlo bien pero siempre lo hay para volver a hacerlo."*

### 1.1.2 Definición y Evolución de Calidad Total.

Podemos definir Calidad Total como el continuo e inflexible esfuerzo de mejoramiento de cada miembro en una organización para entender, cumplir y exceder la expectativa de los clientes. El desarrollo de estos conceptos toma fuerza en Japón en 1950 cuando el Dr. W. E. Deming y el Dr. J. Juran comienzan a asesorar a industrias de manufactura japonesas. El axioma ampliamente aceptado por los practicantes de la Calidad es que así como la calidad mejora, mejora la productividad como resultado de un menor reproceso y un mejor uso de recursos con ello se permanece en el negocio y se proporcionan más empleos.

Deming realiza una filosofía diseñada para evitar las cuatro enfermedades mortales de una industria: 1) Falta de constancia de propósito para planear un producto que tenga mercado y mantenga a la compañía en el negocio. 2) Énfasis en utilidades a corto plazo, lo que origina sólo ideas a corto plazo. 3) Evaluación anual de desempeño y clasificación incorrectas. 4) Dirigir a una compañía guiándose únicamente por cifras monetarias.

P.B. Crosby es otro de los destacados promotores de la Calidad Total, él indica que toda empresa que quiera sobrevivir debe trabajar en calidad total, ya que es posible tener días de cero defectos en la planta, y además sin ningún costo extra, ya que la calidad es gratis, pues si se elimina el desperdicio y el reproceso, los ahorros son tan grandes que vale la pena un buen esfuerzo en Calidad Total.

Esta teoría puede resumirse en un sencillo principio: " Realizar el trabajo debido bien desde la primera vez".

La tabla 1 compila las partes principales de la teoría de Calidad Total:

Tabla 1

<b>Ideas Clave:</b>	<b>Estrategias:</b>	<b>Principios de Implantación:</b>
La calidad es gratis	Eliminar desperdicio y problemas en el lugar de origen.	El continuo aprendizaje, entrenamiento y aplicación de los principios y técnicas de Calidad Total es una eterna responsabilidad de cada miembro en una organización.
Meta cero defectos	Estabilizar un proceso, conocer su capacidad y luego mejorarlo.	Entender y satisfacer las necesidades de los clientes es el mejor y único camino hacia el éxito del negocio.
Medida del costo de la calidad	Cuantificar costos resultantes de la mala calidad.	Enfoque por todas las funciones en todos los niveles sobre la mejora continua de los procesos del negocio, para alcanzar los objetivos.
Búsqueda de causas básicas en el diagnóstico y solución de problemas	Diagnostique, cure, controle, siempre curando la causa no el síntoma.	Los datos basados en un razonamiento estadístico son fundamentales para la solución de problemas, la mejora continua y la toma de decisiones.
La gente quiere contribuir	Movilizar a todos en la empresa hacia el objetivo, liderados por la alta gerencia.	El liderazgo de la Calidad Total es responsabilidad de la alta gerencia en cualquier organización
Espiral de mejoras, especialmente para el ciclo de vida del producto	Equipos multidisciplinares que diagnostiquen y solucionen los problemas crónicos, apoyados por la gerencia.	La resolución de problemas y la mejora de los procesos es realizada principalmente a través de equipos multifuncionales y grupos naturales de trabajo.

### 1.1.2. Uso de Técnicas Estadísticas:

Además de estas enfermedades mortales ocurre otro fenómeno llamado "acumulación de tolerancias" al cual la aplicación de las técnicas de Calidad Total buscan eliminar. Para entender la acumulación de tolerancias es necesario tomar en cuenta que si sólo nos concentramos en tener cero desviaciones sobre el objetivo (con un cierto rango de variabilidad permitida) pero no se pone como objetivo reducir la variabilidad, se presentará un momento en el que a pesar de tener todos los componentes de un producto en objetivo, dos o más no tendrán la calidad deseada, debido a que uno variará hacia el lado positivo de la tolerancia y otro hacia el negativo, provocando con ello una desviación en el producto final. Por ejemplo en un proceso por lotes si tenemos que se agregan dos ingredientes para tener una concentración de 20% de A y 30% de B y 50% de C, y el objetivo de control en la adición es de 200 kg. de A por 300 kg. de B y 500 de C, con una tolerancia permitida es de  $\pm 100$  kg. por ingrediente puede darse el caso de tener como producto final uno con la concentración siguiente: 9% de A, 36% de B y 55% de C con lo cual en este sencillo ejemplo se ve que en la adición se cumplió el objetivo, pero su variación provocó que el producto terminado no cumpla con el objetivo, en los procesos industriales se utiliza mayor cantidad de ingredientes y mayor número de lotes, por lo cual no sólo se debe atacar la reducción de desviaciones sino también la reducción de la variabilidad. Por ello es que la aplicación de esta teoría implica el uso de técnicas estadísticas.

La principal técnica es el Control Estadístico de Proceso. Este consiste en monitorear las variables críticas del proceso, estas variables son elegidas por el impacto que tendrán en el producto final, de este modo a intervalos periódicos el operador toma una muestra de la producción, obtiene las variables de control y las grafica en un diagrama, de este modo, si el proceso comienza a tener tendencias que lo llevan fuera de los límites establecidos para alguna variable, el operador puede hacer en la línea los ajustes necesarios, evitando así la fabricación de producto de mala calidad. Además estos datos y gráficos pueden ser utilizados para realizar un análisis del proceso, y mejorarlo.

Las herramientas utilizadas para el análisis son: 1) diagrama de flujo de proceso. 2) Análisis de Pareto para priorizar problemas y causas. 3) Diagrama de espina de pescado, para clasificar y analizar las causas de problemas. 4) Histogramas, en donde se ve la distribución de las variables respecto a su objetivo. 5) Diagramas de series y cuadros de control, donde se puede observar si el proceso está en control. 6) Diagramas de dispersión y correlación, en ellos se realizan correlaciones con datos de experimentos para mejorar el proceso.

## 1.2. Administración por Objetivos

*"...las mentes claras comprenden mejor las épocas oscuras..."*

P. F. Drucker en 1954 en su libro "The practice of Management" enuncia las bases de esta teoría. Según Él, la labor de la administración es equilibrar varias necesidades y metas en cada área donde el desempeño y los resultados afectan directa y vitalmente la supervivencia y la prosperidad de los negocios. E indica a continuación que el primer requisito en la labor administrativa es: "Administración por objetivos y autocontrol".

Posteriormente los administradores fueron completando las bases dadas por Drucker hasta llegar hasta la definición de administración por objetivos como un proceso en el cual los gerentes superiores y subordinados de una organización identifican conjuntamente sus metas comunes, definen las principales áreas de responsabilidad de cada persona en términos de los resultados que se esperan de él, o de ella, y usan estas mediciones como pautas para operar la unidad y evaluar la contribución de cada uno de sus miembros.

Diversos estudios han mostrado cuales son los factores que contribuyen a la productividad de una empresa. Primero, todas las organizaciones tienen un potencial inactivo para el mejoramiento; segundo, los recursos no se utilizan plenamente; tercero, el mejoramiento máximo en la productividad puede lograrse mediante el enfoque de sistemas; cuarto, una manera efectiva de medir la productividad consiste en identificar factores que sean contra productivos, quinto,

hasta las pequeñas mejoras pueden tener un notable impacto en la productividad; sexto los pequeños incrementos en la productividad general pueden afectar considerablemente a las utilidades; séptimo, la productividad puede mejorarse mediante una planeación eficaz y manteniendo una organización robusta . Curiosamente todos estos puntos coinciden con la estructura de la administración por objetivos. Por ello en 1970 se toma a esta como clave para aumentar la productividad en las industrias de los Estados Unidos de América.

Una estructura lógica del proceso de transformación de recursos en resultados, propuesto por esta teoría es la siguiente:

1. Mejorar la productividad mediante la planeación estratégica y la jerarquía de objetivos. La planeación estratégica consiste en determinar los principales objetivos de la compañía, así como la adquisición y disposición de los recursos necesarios para lograr estos objetivos. La jerarquía de objetivos abarca desde la definición de la misión de una empresa hasta el establecimiento de objetivos en toda la organización, incluyendo el nivel inferior.

2. El establecimiento de objetivos ayuda a medir la productividad. Aquí se hace énfasis en el establecimiento de objetivos verificables. Es decir los objetivos deberán ser medibles, contribuir al logro de objetivos de la unidad organizacional inmediata superior, concentrarse más en resultados que en actividades, y finalmente deben ser desafiantes, pero sin ser irrazonables.

3. Planeación de acción para la productividad individual y organizacional. En ella se determinan las funciones tareas y actividades a realizarse para conseguir los objetivos. Esto se hace procediendo de manera matricial, es decir se coordinan los esfuerzos de grupos e individuos, así como los recursos de todo tipo, de modo que quede bien definido el quién, con qué y cómo de los planes para lograr cada objetivo.

4. Implantación de planes y programas. Es indispensable poner en práctica los puntos anteriores, para tener éxito se deben satisfacer varias condiciones: 1) Los gerentes no deben limitarse a atabar la administración por objetivos. 2) El clima organizacional debe estar acorde con el autocontrol que marca la teoría. 3) Los objetivos no pueden existir aisladamente, sino que forman una cadena, por tanto debe utilizarse un enfoque de equipo cuando sea apropiado. 4) Los

objetivos se basan en premisas que pueden cambiar, por ello se deben de tener planes opcionales o de contingencia por si las premisas cambian. 5) Se deben enseñar a los gerentes los conceptos de la administración por objetivos, y como funciona el programa. 6) Se debe tener una organización dinámica y flexible, pues el éxito en la implantación nunca sucede por casualidad. Por lo que se debe analizar la mejor manera de conseguirlo aún a costa de cambiar alguna parte de la organización.

5. Medición de la productividad mediante el control y la evaluación. El control implica la medición y en su caso la corrección del desempeño organizacional con base a los objetivos establecidos. La evaluación se refiere al desempeño individual considerándose esta como una oportunidad para aprender del pasado y concentrándose en el futuro, buscando como lograr que el individuo contribuya a los objetivos de la organización.

6. Subsistemas: Varios subsistemas administrativos pueden integrarse con el proceso de la administración por objetivos, para lograr mayor productividad.

7. Eliminar los obstáculos para la productividad mediante el desarrollo de la organización. Es necesario conocer y desarrollar el potencial de los individuos para aprovecharlo alentando la autodirección y el autocontrol.

Al completarse este proceso de transformación, una organización puede transformar sus recursos en resultados, y comparados estos con sus objetivos iniciales y su capacidad teórica se puede determinar cuanto ha mejorado la productividad en una empresa, y cómo mejoraría continuamente.

La administración por objetivos, tiene actualmente una versión muy útil para elevar la productividad, conocida como administración por valor agregado. Consistiendo esta en poner como objetivos minimizar o de ser posible eliminar las operaciones que no den valor agregado al producto, ya que estas únicamente son gastos, que aún siendo necesarios, el cliente no pagará por ellos. Por otro lado busca hacer lo más eficientes las operaciones que den valor agregado al producto.

### 1.3. Justo a Tiempo

*"Si la cocina de un restaurante creciera como crecen nuestras fábricas, el plato iría a la zona de la parrilla para recibir un trozo de carne, luego una lenta banda transportadora lo llevaría a la zona de verduras. La carne se enfriaría y quizá hasta caería una o dos veces en trayecto. En la zona de verduras las enormes ollas estarían ocupadas cociendo una verdura diferente a la que corresponde al plato en cuestión, y habría que esperar a que se cociera el siguiente lote..."*

*R. Schonberger*

#### 1.3.1. Definición.

La técnica de producción Justo a Tiempo fue desarrollada por la Toyota en el Japón en los decenios de los sesenta y los setenta. Gracias a esta técnica, un trabajo pasaba por todos los procesos de fabricación y llegaba al ensamble final justo a tiempo para su utilización. Fue desarrollada basándose en el modelo de la planta de proceso continuo. Donde el trabajo sale de un proceso y fluye al siguiente donde llega justo a tiempo para ser utilizado. A pesar de ello el sistema Justo a Tiempo se puede aplicar a plantas de proceso, ya que pocos procesos son perfectamente continuos, y por lo regular se tienen tiempos inactivos cuando se tiene un cambio de tipo o versión de producto. Además de necesitar de una cierta cantidad de materia prima, productos intermedios y producto terminado acumulados, los cuales también cuestan mientras no hayan sido terminados o vendidos. Pero este sistema no es sólo un programa de reducción de inventarios, este es únicamente un objetivo intermedio para lograr una manufactura más eficiente.

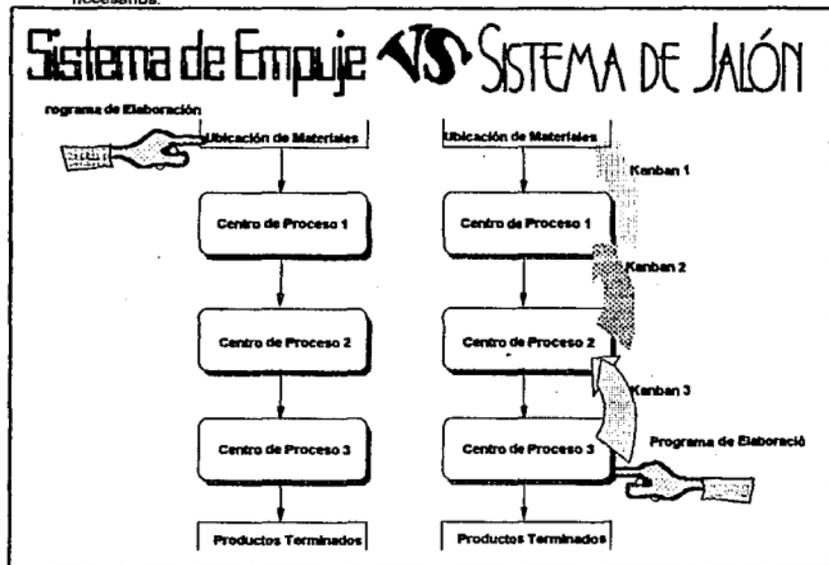
Podemos definir el Justo a Tiempo como el sistema de producción diseñado para eliminar todo desperdicio en el medio de la manufactura, esto implica que los materiales necesarios sean traídos al lugar necesario para elaborar los productos necesarios en el momento exacto en que son requeridos.

#### 1.3.2. Principios de Operación.

Los principios de operación del Justo a Tiempo son cuatro:

- 1) Los sistemas de manufactura de jalón son superiores a los de empuje: El sistema normalmente utilizado ha sido el de empuje donde el flujo de materiales de un centro de

producción a otro va empujando el material en proceso al siguiente centro, así hasta la bodega de producto, este sistema es controlado mediante el inventario de productos terminados y la demanda. El sistema de jalón tiene una regla: los materiales deben moverse de un centro a otro sólo cuando se necesiten, aquí el último centro de trabajo jala mediante una "cuerda invisible", a los otros centros, en el sistema Toyota esta "cuerda invisible" es el kanban (registro visible), utilizando una tarjeta escrita en el centro de producción más cercano a la bodega de producto, esta tarjeta solicita material al centro anterior, y así sucesivamente hasta el proveedor. ¿Por qué es mejor el sistema de jalón? Por dos razones evidentes: a) el sistema de jalón elimina los excesivos inventarios de producto intermedio (Material en proceso). b) Si hay algún problema de calidad o cambio en la demanda es más fácil detener el sistema de jalón y realizar los cambios necesarios.



2) Sólo deben emplearse partes y procesos de calidad: Para ello se debe tener un desarrollo adecuado de los proveedores, de manera que ellos apliquen también el sistema, y proporcionen materia prima de calidad. Dentro de la planta es necesario analizar los procesos para mejorarlos continuamente. Si este principio no se cumple, se tendrán problemas de desperdicio que incrementarán los inventarios y retrasarán la operación.

3) La magnitud ideal del lote es uno: Mientras menor sea el tamaño de lote, mejor control se tendrá sobre el material necesario y la calidad del trabajo, además, los lotes pequeños permiten adaptarse más rápido a la demanda. Esto es cierto para plantas que realizan diferentes productos o versiones de uno mismo.

4) Todo desperdicio debe ser evitado: Se define desperdicio como cualquier cosa que no añade valor al producto. Este se presenta en muchas formas, por ejemplo: reproceso, inventarios de seguridad, desechos, tiempos largos de arranque de maquinaria, materiales obsoletos, paros de la operación, etc. El desperdicio ocurre en muchas formas, pero muchas veces está oculto o el personal de la planta ya se acostumbra a verlo como una parte del sistema. El sistema Justo a Tiempo sólo puede funcionar cuando se va de guerra sin tregua a todas las formas de desperdicio.

### 1.3.3 Reglas para la implementación del Justo a Tiempo.

1. Iniciar el trabajo con el sistema tan pronto como sea posible.
2. Utilizar métodos de jalón (Kanban), con ello se evita la complejidad en las órdenes de trabajo y los problemas se pueden detectar tan pronto como ocurren.
3. Se debe involucrar a la alta gerencia desde un principio. Ya que su apoyo es indispensable para el éxito del programa. No olvidar que ellos autorizan las inversiones.
4. Iniciar inmediatamente un programa de educación para los gerentes y trabajadores, donde se muestren claramente los principios del sistema.
5. Comunicar a los proveedores el inicio del programa, de modo que ellos participen con una relación a largo plazo, y buscando ser la fuente única de abastecimiento de materiales de calidad para la empresa.

6. Comenzar el programa en áreas clave, ya que si se intenta comenzar globalmente, es probable que en algún área no funcione, provocando frustración y desinterés de los empleados.

7. Desarrollar los sistemas y procedimientos desde el principio. Dar entrenamiento a los trabajadores sobre ellos. Y revisarlos periódicamente para mejorarlos.

8. Fijar desde un principio un conjunto de metas medibles, las cuales serán revisadas con gerentes y empleados. Cuando estas sean alcanzadas de modo consistente, establecer continuamente metas más altas.

#### 1.4. Teoría de Restricciones

*"... la verdadera razón es que mientras más te acercas a una planta balanceada con la demanda, más te acercas a la quiebra."*

*Jonah en "La Meta"*

En 1979 E. Goldratt comenzó a aplicar el método científico a las técnicas de manufactura, creando un programa conocido como Tecnología de Optimización de Producción. Todo su trabajo se ha basado en unos principios sencillos conocidos como Teoría de Restricciones.

Definiciones:

- 1) **Throughput (Facturación):** Velocidad a la cual un sistema de manufactura genera dinero.
- 2) **Inventario:** Es todo el dinero que el sistema ha invertido en comprar cosas que pretende vender.
- 3) **Gasto de Operación:** Es todo el dinero que el sistema gasta en transformar el inventario en Throughput.
- 4) **Restricción ( cuello de botella ):** Todo recurso que cuya capacidad es menor o igual a la demanda que hay de él.



Lo que nos dice esta teoría es que el objetivo de cualquier industria que busque incrementar su productividad debe ser incrementar el Throughput, manteniendo el inventario y el gasto de operación en lo mínimo indispensable. Durante años los industriales han tratado de hacer esto, y para ello aplican alguna de las siguientes opciones: a) Comprar más equipo, para producir más porque la demanda les gana, con esto aumentan el inventario pero no necesariamente el throughput. b) Recorte de personal, disminuyendo con ello los gastos de operación pero sin aumentar necesariamente la productividad, etcétera. La segunda parte de esta teoría nos indica como hacerlo. El balancear la capacidad de la planta con la demanda, en lugar de darnos un mejor control sobre la producción provoca altos niveles de inventario en proceso, y retrasos en la producción, esto se debe a que el flujo de producto por la planta es controlado por dos parámetros: los eventos dependientes, y las fluctuaciones estadísticas. Por ello se debe balancear el flujo de producto por la planta con la demanda, y esto sólo se puede lograr identificando la restricción en el proceso, y controlando con ella el flujo de producto a través de la

planta, ya que de esta manera se tienen las fluctuaciones estadísticas bajo control. Esta estrategia se define en cinco pasos:

- 1) Identificar la(s) restricción(es) del sistema.
- 2) Decidir como explotar la(s) restricción(es) del sistema.
- 3) Subordinar todo lo demás a la decisión del paso 2.
- 4) Elevar la(s) restricción(es) del sistema.
- 5) ¡Advertencia! Si en los pasos anteriores se ha roto alguna restricción, regresar al paso uno, pero no permitir que la inercia sea la causa de restricciones en el sistema.

La importancia de la explotación de la restricción viene dada por el siguiente razonamiento. Si la restricción no opera, es como si toda la planta no operara, si la restricción opera a baja velocidad, es como si toda la planta operara a baja velocidad, y lo que es peor de esta última situación, aumentan los inventarios de productos intermedios y disminuye el throughput.

Finalmente se puede comentar que el tipo de administración sugiere esta teoría difiere del enfoque tradicional, ya que en lugar de buscar la reducción de costos, busca el incremento de la velocidad de la generación de dinero. Además de ser una herramienta muy útil para dirigir una planta de proceso sin los términos financieros (utilidad, activo, pasivo, etc.) los cuales difícilmente pueden traducirse a elementos de la operación de la planta, en cambio con los 3 indicadores sugeridos se puede tener un panorama más objetivo en la administración para incrementar la productividad.

## 2. EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO.

*Ley de Murphy: " Si algo puede fallar, fallará."*

*Corolario 1: "Si perdemos mucho cuando las cosas salen mal, hay que tomar todo tipo de precauciones".*

*Corolario 2: "Si debemos tomar precauciones para que las cosas no fallen, necesitamos saber más sobre el equipo, y tratar de hacerlo más confiable."*

*Corolario 3: "Bajo estas condiciones nadie puede arreglárselas solo, lo mejor es que todos participemos... así habrá alguien a quien echarle la culpa."*

### 2.0. Definición de mantenimiento:

Es la actividad humana que conserva la calidad del servicio que prestan las máquinas, instalaciones, y edificios en condiciones seguras, eficientes y económicas.

### 2.1. Mantenimiento Correctivo:

Antes de 1950 la mayor parte del mantenimiento que se realizaba en la industria era Mantenimiento Correctivo, es decir las máquinas deben operar hasta que fallen, si no fallan, no hay nada que arreglar. Durante esta época el personal de mantenimiento se dedicaba a reparar en el taller toda la maquinaria que se iba descomponiendo en la planta. Los problemas eran que había máquinas que se descomponían frecuentemente, debido a que el personal de mantenimiento debía reparar las fallas lo más pronto posible, con los recursos que tuviera al alcance, desgraciadamente se atacaban los síntomas y no las causas de los problemas, y esto provocaba nuevas fallas que en la mayoría de las ocasiones eran mucho más costosas que el haber reparado bien el primer problema presentado. Desgraciadamente aún existen plantas que trabajan con este método, ya que creen que si de todos modos el equipo va a fallar, lo mejor es no detenerlo ni revisarlo sino hasta que se tenga un paro debido a una falla. Es decir mientras el equipo trabaje, no hay necesidad de hacerle mantenimiento.

Definimos el Mantenimiento Correctivo como la actividad humana desarrollada en máquinas, instalaciones y edificios, cuando a consecuencia de una falla, han dejado de prestar la calidad de servicio para la que fueron diseñadas.

## 2.2. Mantenimiento Preventivo:

Para 1950 comenzaron a surgir los primeros ingenieros que sugerían llevar un control por tiempo del mantenimiento de cada equipo, de manera que todos los equipos fueran revisados con una periodicidad determinada y con ello evitar el deterioro, y reducir las fallas en operación. Con esto surge el Mantenimiento Preventivo. Este estilo de mantenimiento fue llevado a el Japón por G. Smith en 1954. En esta etapa el departamento de mantenimiento realiza un calendario de atención a cada equipo, con la finalidad de inspeccionarlo, hacer reparaciones menores, lubricación, y en caso de encontrar algún defecto eliminarlo mediante una reparación mayor. El problema aquí se presenta cuando el departamento de producción debe aprobar el calendario, ya que la mayoría de las veces por falta de capacidad para cubrir la demanda, producción no cede a mantenimiento el equipo durante el tiempo necesario. Lo cual provoca que persistan emergencias de Mantenimiento Correctivo. Además de la planeación de revisión de los equipos, un aporte importante de esta etapa, es la jerarquización del equipo, en ella se clasifica el equipo dando prioridad al que más afecta a la capacidad de la planta, de modo que sea este el que tenga mayor atención de mantenimiento preventivo. La clasificación es la siguiente: a) Equipo que si falla detiene toda la producción. b) Equipo tipo a, pero que tiene un equipo auxiliar que lo puede sustituir, c) Equipo que al detenerse solo afecta a la velocidad, o calidad de la producción. d) Equipo tipo c con equipo auxiliar que puede relevarlo.

Se Define el Mantenimiento Preventivo como la actividad humana desarrollada en máquinas instalaciones o edificios, con el fin de asegurar que la calidad de servicio que estos proporcionan, permanezca dentro de los límites presupuestos.

### 2.3 Mantenimiento Productivo:

Para la siguiente década los japoneses envían a los Estados Unidos una comisión para estudiar como se realiza el mantenimiento en Norteamérica. Gracias a este estudio y a la experiencia que tenían en Mantenimiento Preventivo, la Asociación Japonesa para la Productividad, desarrolló el Mantenimiento Productivo. El cual se define como la actividad humana desarrollada en máquinas instalaciones o edificios, con el fin de mantener un funcionamiento confiable de modo que el servicio que estos proporcionan, mantenga la calidad y eficiencia especificados en el diseño. En él se reconoce la importancia del mantenimiento para lograr el funcionamiento eficiente de la industria. Se comienzan a utilizar la ingeniería económica y la ingeniería de confiabilidad, como herramientas del diseño y mantenimiento de plantas industriales. De acuerdo con los estudios económicos realizados sobre la manera de realizar el mantenimiento, se encuentra que: Los costos de mantenimiento representan entre el 15% y el 40% de los costos totales de manufactura, por cada dólar gastado en mantenimiento hasta una tercera parte se desperdicia, por si fuera poco los trabajos de mantenimiento realizados por emergencia resultan por lo menos tres veces más caros que si hubieran sido realizados de forma planeada. El impacto de un mantenimiento deficiente en los costos de manufactura es tan impresionante, que se comenzó a utilizar la ingeniería de confiabilidad. En lugar de basar el mantenimiento en el tiempo o en las fallas, se monitorean las condiciones de operación del equipo, y se lleva un registro de fallas frecuentes en el equipo, y se utilizan métodos estadísticos para analizar los datos, y no esperar a que un equipo falle o le llegue su fecha de servicio para realizar una reparación que seguramente será más rápida y menos costosa si es hecha cuando comienzan los síntomas. Por último el hecho de llevar registros de condiciones y reparaciones, permite crear estándares de reparación y operación, así como la definición de actividades de mejora para equipos problemáticos. En esta etapa aún persiste el conflicto mantenimiento-producción sobre las fechas para realizar el mantenimiento, esto se debe a que producción tiene miedo de no cubrir la demanda al detener la planta y ceder a mantenimiento el equipo, y tiene

temor de que una vez terminado el mantenimiento, el equipo no funcione con las condiciones que tenía antes del mismo retrasando la producción, o provocando mala calidad en el producto.

Se han ido desarrollando técnicas para minimizar el tiempo muerto por mantenimiento, así como garantizar que el equipo se mantenga siempre lo más cerca de sus condiciones de diseño, para evitar paros no planeados. A continuación se resumen estas técnicas:

- 1) Llevar registros de datos de condiciones de operación de los equipos, así como reparaciones que se han hecho a los mismos.
- 2) Utilizar herramientas estadísticas para analizar los datos y determinar la confiabilidad de cada equipo y los trabajos a realizar para mejorarla..
- 3) Formular el plan de mantenimiento. En el cual se especifique el responsable de cada equipo, tiempo de mantenimiento, recursos necesarios, hora y condiciones en que se requiere el equipo, y hora de entrega del mismo.
- 4) Clasificar los trabajos en internos y externos. Serán internos todos aquellos que únicamente se puedan realizar con el equipo detenido, y externos todos aquellos que se puedan hacer aún con el equipo en movimiento. Un ejemplo de trabajos externos es el seleccionar y transportar la herramienta.
- 5) Transformar los internos en externos, de modo que haya un mínimo de actividades internas. Al planear las actividades de mantenimiento se ve que acciones se pueden tomar para adelantar trabajos antes de la fecha del paro para mantenimiento. Por ejemplo si se va a cambiar un tramo de tubería, se consiguen las especificaciones de la misma, y se toma la medición externa, y se prepara el tramo con las dimensiones, y material adecuados, en lugar de esperar hasta el momento del paro.
- 6) Tener estándares de los procedimientos a seguir. De modo que los trabajos puedan ser hechos por cualquier persona con la suficiente instrucción, garantizando que no se alterarán las condiciones originales del equipo.
- 7) Para los trabajos más largos o difíciles, se debe buscar la manera de mejorarlos, ya sea modificando el equipo, la herramienta o los procedimientos.

#### 2.4 Mantenimiento Productivo Total.

Seiichi Nakajima tomando en cuenta las técnicas mantenimiento anteriores, y combinandolas con los conceptos de Calidad Total, y las ideas de la Administración por Objetivos. Consiguió crear este nuevo sistema que involucra a todo el personal y además consigue mejorar la productividad no sólo por la reducción en los costos de mantenimiento, sino también mejora la calidad del producto, aumenta la disponibilidad del equipo, disminuye los inventarios y los tiempos de entrega, ayuda a aumentar la seguridad en la industria, a disminuir las emisiones contaminantes, incrementa las ganancias de la industria, y por si fuera poco mantiene motivado al personal. Este modelo ha sido perfeccionado y actualmente se sigue en todas las industrias del Japón, y a partir de 1987 ha comenzado a ser implementado por las principales industrias de Francia, Estados Unidos, Korea y China. ¡Claro a quien no le gustaría ganar tanto con un sistema! En el siguiente capítulo se describirá completamente este sistema, el cual teniendo tantos beneficios para la industria no es nada complicado, después de todo la idea no es revolucionaria: Es obvio que cooperando todos se puede realizar un trabajo importante, como también lo es el famoso adagio: "Más vale prevenir que lamentar". Desgraciadamente antes de el MPT la mayoría de los operadores no sabían como reparar los equipos que operaban a diario, y se daban casos de operadores que sabiendo hacer el mantenimiento de un equipo no se les permitía hacerlo ya que esa era la labor de otro departamento. Los peores casos eran aquellos en los que el equipo comenzaba a clamar, mediante rechiones o paros cortos, por una revisión, el operador detectaba esto y hablaba con el ingeniero de mantenimiento para advertirle de la necesidad de mantenimiento en dicho equipo, sin embargo el ingeniero no le hacía caso pues ¿qué iba a saber el obrero que había estudiado menos y no conocía nada sobre el diseño de equipo? Por lo que se esperaba hasta que el equipo causaba un gran paro para darse cuenta que hubiera sido mejor prestarle atención al operador, el cual nunca más comunicará su experiencia al ingeniero.

### 3. DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

*Principio de Polyanna: "Las máquinas deberían trabajar, los hombres pensar."*

#### 3.0 Definición.

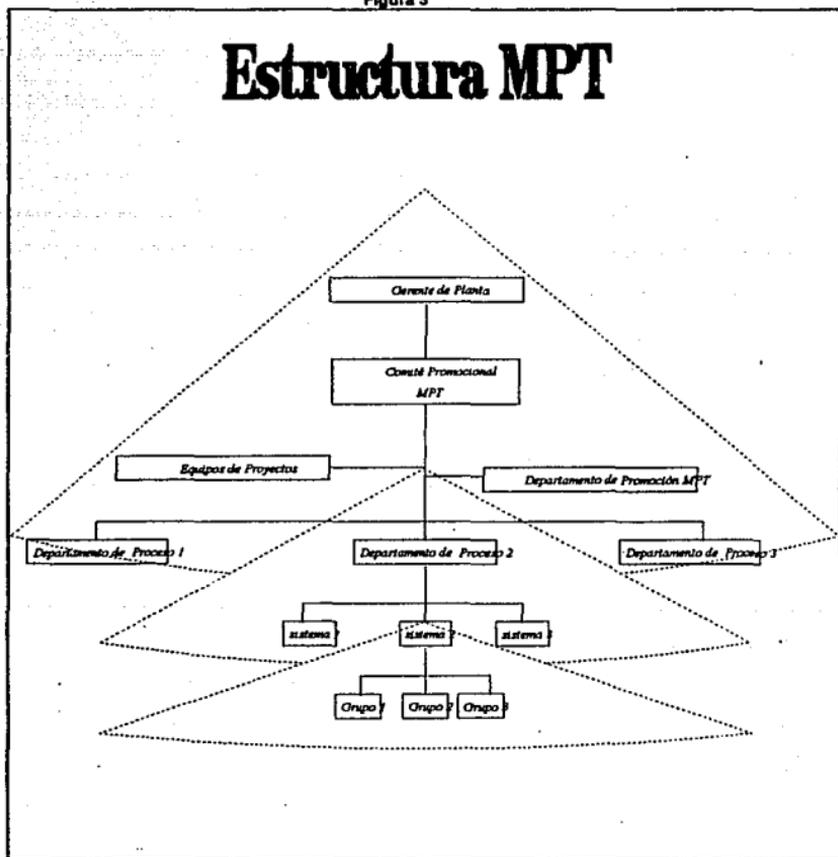
El Mantenimiento Productivo Total ( al cual abreviaremos MPT ) es definido frecuentemente como Mantenimiento Productivo que compromete una participación de todos los empleados a través de actividades en pequeños grupos, de modo que se cubran los cinco pilares de MPT:

- 1) MPT apunta a maximizar la efectividad total del equipo.
- 2) MPT desarrolla un sistema de mantenimiento productivo a todo lo largo de la vida del equipo.
- 3) MPT compromete en su implementación a todos los departamentos que programan, diseñan, usan o mantienen el equipo ( producción, mantenimiento, ingeniería, etc.).
- 4) MPT involucra activamente a cada empleado desde la alta gerencia hasta los trabajadores de piso.
- 5) MPT debe ser promovido a través de una gerencia motivadora: pequeños grupos autónomos de actividades.

#### 3.1. Estructura MPT:

Para lograr el éxito de MPT es necesario tener una estructura que cumpla las siguientes características: a) Incluir a todo el personal de la planta. b) basarse en pequeños núcleos autónomos multidisciplinares. c) la estructura no necesita alterar el organigrama original, sin embargo ayuda a eliminar barreras entre los departamentos de mantenimiento, producción e ingeniería. La figura 3 muestra claramente la estructura.

Figura 3



### ***Definición del Mantenimiento productivo Total***

Los roles en esta estructura son los siguientes:

a) Alta gerencia: Dará la visión y dirección corporativas, así como los recursos para lograrlas, también buscará motivar a los trabajadores mediante un adecuado sistema de medición y recompensa de logros

b) Administración departamental: Buscará la cooperación bilateral entre departamentos , y solicitará y administrará los recursos.

c) Supervisión: Será el equipo de enlace entre los trabajadores y la gerencia, apoyará a los trabajadores en sus planes de mejora, los estimulará y buscará que tengan la capacitación suficiente.

d) Operadores: Conducirán el equipo hacia sus condiciones óptimas y mantendrán sus condiciones básicas mediante actividades sencillas de mantenimiento. Analizarán las fallas que tenga el equipo y propondrán mejoras.

e) Personal de mantenimiento: Llevará a cabo un plan de mantenimiento que proporcione confiabilidad al equipo. Realizará diagnósticos del equipo, así como las reparaciones mayores. Asesorará a los operadores en el mantenimiento autónomo de equipo, y participará en los grupos pequeños de mejora de equipo.

Como los programas de Calidad Total, éste sólo dará resultado si y sólo si se involucra a todo el personal de la compañía desde el operador eventual que efectúa tareas menores en la línea de producción, hasta el gerente general. Es importante enfatizar esto desde el principio, ya que si no se da este compromiso total, inevitablemente MPT fracasará como lo han hecho muchos programas de Calidad Total y Justo a Tiempo.

## *Definición del Mantenimiento productivo Total*

### 3.2. Las metas de MPT.

Las metas están basadas en la palabra Total. En pocas palabras: ¡ MPT debe lograr todo !

Es decir se debe incrementar la productividad mediante la optimización de los recursos de la empresa, de modo que se aprovechen al máximo las inversiones, y se mejoren los resultados. Las inversiones son aquellos que implican dinero: personal, maquinaria y materias primas. Al procesar las inversiones obtendremos los resultados que serán: producción, calidad, costo ( valor agregado sobre inversión ), entrega, seguridad e higiene, control ambiental, y relaciones humanas. Sencillamente MPT tiene metas ideales: cero tiempo muerto por paros en producción, cero defectos de calidad, mínimo costo en el ciclo de vida del equipo y del producto, cero demoras no planeadas, máxima seguridad e higiene en los procedimientos y en las instalaciones, cero emisiones al ambiente (plantas y procesos amables con la naturaleza) y un ambiente de trabajo motivado por buenas relaciones entre gerencia y empleados.

### 3.3 ¿Cómo trabaja MPT? La estrategia de MPT.

Cualquier persona que lea el párrafo anterior (3.2) puede pensar que esa meta es imposible, ya que engloba las metas buscadas por Calidad Total, Justo a Tiempo, etc. Todo con un programa de mantenimiento. Sin embargo esta demostrado que se puede realizar. La manera de lograrlo consiste en basarse en los cinco pilares del MPT, es decir: Maximizar la efectividad total del equipo, mediante un programa de actividades de desarrollo, el cual se llevará a cabo involucrado a todo el personal, mediante una estructura gerencial basada en pequeños grupos autónomos. Como veremos MPT no es sólo un sistema de mantenimiento, es toda una estrategia para administrar las plantas de manufactura.

## *Definición del Mantenimiento productivo Total*

### 3.3.1. Actividades de desarrollo de MPT:

Gracias a cada una de las siguientes actividades, MPT no sólo eliminará los problemas, sino también se logrará tener un sistema robusto para implementar mejoras en la planta, así como decidir de que manera invertir los recursos en la industria.

- 1) Grupos multifuncionales de mejoramiento de equipo.
- 2) Mantenimiento autónomo.
- 3) Plan mejorado de mantenimiento preventivo y de operaciones de mantenimiento.
- 4) Programa de administración temprana del equipo.
- 5) Conocimiento y desarrollo de habilidades a través del entrenamiento.
- 6) MPT en la administración y otras áreas de soporte.

Cada actividad busca maximizar la efectividad total del equipo de manera cuantitativa y/o cualitativa. Cuantitativamente se busca incrementar la disponibilidad y velocidad del equipo y mejorar su productividad. Cualitativamente se busca reducir el número de productos defectuosos, estabilizar y mejorar la calidad.

### 3.3.2. Fijación de Objetivos en MPT.

En otros sistemas de mejora ( llámese Calidad Total, Justo a Tiempo, Mantenimiento Preventivo, etc.) se presentan problemas debido a falta de claridad de los objetivos, o a la subjetividad en la medición en los mismos. Teniendo MPT una meta tan idealista es muy importante tener objetivos claros, medibles y alcanzables en cada etapa de trabajo.

Cada uno de estos objetivos se cimentará en el primer pilar de MPT: "Lograr la maximización de la eficiencia total del equipo". Pero ¿cómo se mide la eficiencia total del equipo?

#### Definiciones:

- **Confiabilidad del Proceso o Eficiencia Total del Equipo:** Es el producto de los índices de operación, desempeño y calidad.
- **Índice de Operación:** Es la disponibilidad operativa del equipo, se calcula dividiendo el tiempo neto de operación del equipo entre el tiempo planeado de operación.

### **Definición del Mantenimiento Productivo Total**

• Índice de Operación Neta: Nos indica las pérdidas debidas a paros menores. Se calcula dividiendo la cantidad de producto terminado entre el resultado de multiplicar el tiempo neto de operación por la velocidad real de operación.

• Índice de Desempeño: Nos indica que tan cerca de sus condiciones de diseño opera el equipo, es el producto de el índice neto de operación por el cociente de la velocidad real del equipo entre su velocidad de diseño.

• Índice de Calidad: Nos indica el porcentaje de productos obtenidos que cumple los requisitos mínimos de calidad. Se obtiene al restar el producto defectuoso del total de producto terminado y dividir esto entre el total de producto terminado.

$$\text{Índice de Operación} = \frac{\text{Tiempo Planado}}{\text{Tiempo Planado} - \text{Tiempo Muerto}}$$

$$\text{Índice de Desempeño} = \frac{\text{Producto Obtenido}}{((\text{Tiempo Planado} - \text{Tiempo Muerto}) \times \text{Velocidad Real})} \times \frac{\text{Velocidad Real}}{\text{Velocidad Ideal}}$$

$$\text{Índice de Calidad} = \frac{(\text{Producto Terminado Teórico}) - ((\text{Defectos de Arranque} + (\text{Defectos de Proceso}) + (\text{Productos de Prueba}))}{\text{Producto Terminado Teórico}}$$

Índice de Confiabilidad de Proceso

$$= (\text{Índice de Operación}) \times (\text{Índice de Desempeño}) \times (\text{Índice de Calidad})$$

Eficiencia Total del Equipo

Como podemos observar el utilizar como medida principal la Confiabilidad del proceso o efectividad total del equipo nos indica que tan cerca estamos de la meta MPT.

### ***Definición del Mantenimiento Productivo Total***

Es interesante mencionar que las teorías de mantenimiento anteriores a MPT utilizan el Índice de Confiabilidad (100%), el cual se calcula utilizando cinco factores: Inspección visual (40%), Pruebas y mediciones (30%), Edad (10%), Medio Ambiente (10%) y Ciclo de Trabajo (10%). Pero este índice tiene los siguientes tres defectos: Es muy complicado para su cálculo, se forma con porcentajes subjetivos, y no refleja el impacto del equipo sobre la productividad.

En cambio MPT utiliza la Eficiencia Total del Equipo (también llamada Confiabilidad de Proceso), ya que nos da un número sobre el desempeño total, el cual puede desglosarse sencillamente, de modo que es más fácil definir Cada uno de los objetivos y subobjetivos de MPT, así como las actividades que contribuirán a lograrlos. Empresas que según índices anteriores están en 90%, al calcular bajo la Confiabilidad de Proceso de MPT se sitúan por debajo del 40% de Eficiencia Total del Equipo. Como podemos ver esta medida es más objetiva, y puede dar tanto a la gerencia como a los trabajadores rápidamente una idea sobre la situación de la planta, y donde mejorar.

La meta MPT es muy ambiciosa, y el objetivo básico para ello es tener la Confiabilidad del Proceso entre 90 a 100%, de ello se derivan los subobjetivos que ayudaran a lograrlo, integrando actividades de desarrollo.

En el siguiente capítulo se explica la estrategia para maximizar la efectividad total del equipo.

#### 4. MAXIMIZANDO LA EFICIENCIA TOTAL DEL EQUIPO

*Ley de Scheinker: "Dentro de cada problema pequeño hay un problema grande tratando de salir."*

Si se analiza la fórmula para el cálculo de la Confiabilidad del Proceso del capítulo anterior, podemos encontrar varios factores que afectan directamente a este índice. Estos no son nuevos ya que para cualquier persona que haya trabajado en una industria es evidente que eliminando los paros del equipo, y los defectos en el producto, se reflejará esto, automáticamente, en menores costos, mínimo inventario y mayor productividad, sobrando tiempo para planear el futuro de la empresa.

#### Contribuciones a la Eficiencia Total del Equipo

Mayor a 90 %	Mayor a 95 %	Mayor a 95 %	Mayor a 99 %
Índice de Confiabilidad de Proceso	(Índice de Operación) X	(Índice de Desmontaje) X	(Índice de Calidad)
6	Ⓢ	Ⓢ	Ⓢ
Eficiencia Total del Equipo	Pérdidas por	Pérdidas por	Pérdidas por
	Tiempo Muerto	Paros Menores	Defectos de Proceso
	Preparación y	Velocidad Reducida	Reproceso
	Ajustes.	Equipo Ocioso	Rendimiento por Arranque

Desgraciadamente la industria experimenta problemas por las siguientes pérdidas:

Tiempo muerto.

- 1) Paros de la operación debido a fallas en el equipo.
- 2) Tiempo de preparación del equipo y ajustes.

Pérdidas por velocidad.

- 3) Equipo ocioso y paros menores. ( ej. Equipo operando en vacío, picos de corriente que detienen momentaneamente a un equipo)
- 4) Velocidad reducida respecto a la velocidad de diseño.

Defectos

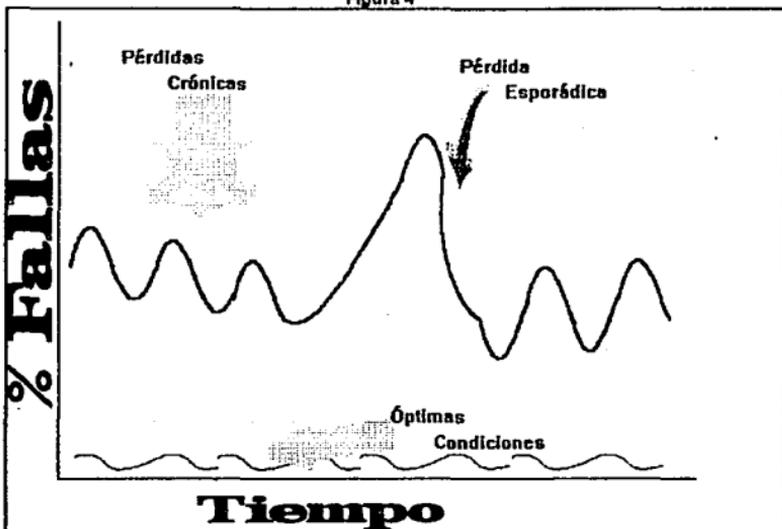
- 5) Defectos en el proceso y reproceso de estos.
- 6) Rendimiento reducido entre el arranque de la máquina y una producción estable.

A continuación se hace un análisis sobre las pérdidas que afectan a la eficiencia total del equipo, de modo que puedan ser eliminadas.

#### 4.1 Pérdidas Crónicas y Pérdidas Esperádicas.

Es importante diferenciar ambos tipos de pérdidas (figura 4), ya que el mantenimiento tradicionalmente se ha enfocado a las pérdidas esporádicas.

Figura 4



#### Definiciones.

- **Pérdida esporádica:** Es aquel evento que ocurre subitamente debido a algún cambio repentino en el proceso. La manera de repararla es devolviendo el sistema a las condiciones de operación que tenía antes de la pérdida esporádica. Comúnmente se les conoce como eventos pico ya que la cantidad de defectos debida a ella es muy grande, pero su incidencia es mínima.

ya que los eventos que la causan son fácilmente identificables, al comparar contra las condiciones normales de operación.

• **Pérdida crónica (figura 5):** Es aquel fenómeno que ocurre repetidamente con una cierta distribución. Es causada por la combinación de defectos ocultos y pequeñas fallas en el equipo. Puede permanecer latente durante algún tiempo, ya que afecta poco a las condiciones normales de operación, y es difícil de medir. Para repararla se requiere un profundo análisis, comparando con las condiciones óptimas de operación, debido a la combinación de causas que la provocan, y en muchas ocasiones el remedio lleva a cambiar los procedimientos normales de operación. Es difícil cuantificar el costo por cada evento de este tipo, por ello es que muy pocas empresas tratan de eliminarlas, y mejor se acostumbran a vivir con ellas.

Figura 5



Como si fuesen adictos a las pérdidas crónicas, el personal de muchas compañías las niega por diversas razones:

a) La causa es desconocida: Debido a una investigación inadecuada, o a una pobre relación entre los diferentes departamentos.

b) La causa es conocida pero la acción contra ella no es efectiva: Por un mal entendimiento de las características de la pérdida crónica, se toman acciones que no las eliminan de raíz, y solo las ocultan por un tiempo.

c) La acción contra la pérdida es correcta pero no se realiza completamente: Un mal seguimiento de las medidas preventivas, provoca que no se mantengan constantes las condiciones del equipo.

d) La mala apreciación de las pérdidas crónicas: es decir se subestima el costo de ellas, o se asume que es imposible terminar con ellas, o que es únicamente un problema de falta de práctica que se arreglará solo con el tiempo.

Como lo describen las definiciones, las pérdidas esporádicas aparentemente son mayores, pero eso solo se debe a la dificultad para cuantificar las pérdidas crónicas. Sin embargo el atacar sólo las pérdidas esporádicas, nunca permitirá elevar la productividad. Pues muchas de ellas son causadas al acumularse defectos crónicos, por ello eliminando pérdidas crónicas inmediatamente se reducirán las esporádicas. Además las pérdidas crónicas representan el noventa por ciento del área de oportunidad para incrementar la productividad.

Esto se puede ejemplificar utilizando un témpano de hielo en el Alaska. Las pérdidas esporádicas son el pico que sobresale del agua y no deja pasar a los barcos petroleros. Las crónicas son el 90% de hielo bajo el agua. El mantenimiento tradicional nos dice: "Envía un rompehielos delante de cada barco petrolero, y así podrá pasar con seguridad". Es evidente que después de pasar los barcos, nuevamente el 10% del hielo del fondo saldrá a flote, volviendo a impedir el paso a nuevos barcos. MPT en cambio te diría: "Demite cada día un buen trozo del hielo oculto, automáticamente irán disminuyendo los picos que salen del agua". Hay un efecto

paradójico en esto, pues contrariamente a lo que se podría creer, cuesta menos dinero y esfuerzo eliminar el 90% del fondo, y además motiva a los trabajadores. Ya que si nos enfocamos al 10% evidente, la técnica para eliminarlo es la del mantenimiento correctivo, y como ya se ha dicho antes esto es más costoso, además de desmotivar a los trabajadores por el desgaste, y la desilusión que causa el saber que el evento esporádico resurgirá en el momento menos esperado.



Cada una de las pérdidas que disminuyen la efectividad del equipo será analizada a continuación bajo el enfoque MPT, es decir, buscando eliminarlas completamente tomando en cuenta todos los factores ocultos.

#### 4.2 Pérdidas por paros de la operación debido a fallas en el equipo.

La mayoría de las personas reconoce que los paros de la operación son la mayor pérdida en muchas industrias, desgraciadamente no todas las compañías se esfuerzan en eliminarlos debido a que creen que todo el equipo eventualmente fallará, y que todo paro puede ser arreglado. En

estos paros ocurren dos tipos de pérdida, de tiempo y de cantidad de producto. Pueden ser causados por fallas esporádicas o por fallas crónicas.

Este tipo de fallas se vuelven crónicas por dos razones principales:

a) Problemas en la organización: Por ejemplo el estilo tradicional de mantenimiento, donde ingeniería dice a mantenimiento: "Yo diseño  $\Rightarrow$  Tú arreglas ", operación dice a mantenimiento : "Yo opero  $\Rightarrow$  Tú arreglas " Lo cual nos lleva a un desconocimiento de las necesidades de los departamentos, y con ello a las típicas situaciones donde se instala una máquina para la cual no hay refacciones, o se opera el equipo mediante trucos como son "puentes" en los circuitos de seguridad, etc. Todo esto además de causar fricciones internas desmoraliza al personal de mantenimiento.

b) Ocultamiento de la magnitud de las pérdidas: Al no fluir correctamente la información, se pierde el contacto con los problemas de la línea de producción, la gerencia desconoce el gran área de oportunidad que existe. Otras veces se oculta la magnitud por temor a tener que realizar un gran esfuerzo para eliminar estas pérdidas.

La base para eliminar estas fallas es exponer los defectos ocultos y atacarlos. Estos defectos pueden estar físicamente ocultos ( mala inspección, falta de limpieza, etc. ) o psicológicamente escondidos ( ignorados, subestimados, o bien solo se atacan los síntomas ).

#### 4.2.1. Cinco requerimientos para cero tiempo muerto debido a fallas del equipo.

A continuación se mencionan las cinco acciones indispensables para eliminar las fallas ocultas que provocan los paros.

a) Mantener las condiciones básicas del equipo: Por increíble que parezca muchas de las fallas permanecen ocultas por no cumplirse las condiciones básicas de operación. Esto se debe a que no son indispensables para operar el equipo pero si para mantenerlo en buenas condiciones. Y muchas veces la presión de la demanda provoca que la dirección sea opera, aunque el equipo este sucio o caliente, o haciendo ruidos extraños, etc. Un programa de mantenimiento autónomo ayudará a mantener siempre tres condiciones básicas: Limpieza, lubricación y ajustes menores.

### *Maximizando la Eficiencia Total del Equipo*

b) **Buscar y mantener las condiciones óptimas de operación:** Muchas veces se conocen las condiciones necesarias de operación, pero se desconocen las condiciones óptimas de operación. Es decir el operador sabe como arrancar el equipo y mantenerlo operando, pero no sabe realmente si el equipo está operando adecuadamente ni como conseguirlo. Para ello es necesario tener la información completa del equipo, así como tener estándares de operación donde se señalen las variables de control con sus valores óptimos de operación. Hay que recordar que muchos pequeños defectos viven ocultos tras las condiciones mínimas de operación, y al exigirle al equipo el nivel óptimo estos defectos crecen provocando graves problemas.

c) **Restaurar la deterioración del equipo:** Típicamente cuando ocurre un paro por fallas, únicamente se tratan las partes directamente involucradas en el paro. Sin embargo esto causa una desestabilización del equipo, lo cual pronto traerá una nueva falla con el remplazo de otra parte desgastada. Con esto se quiere indicar que es indispensable analizar que partes del equipo han sufrido un desgaste considerable, o podrían desequilibrar el equipo al no ser reemplazadas, y restaurarlas. Nuevamente fallas en la organización como son falta de refacciones, de conocimientos o bien de tiempo provocan que no se de la restauración adecuada al equipo antes de volver a ponerlo en marcha.

d) **Corregir las debilidades del diseño:** Algunas veces a pesar de mantener todas las precauciones operativas y de mantenimiento, aún se tienen paros con fallas causadas por problemas no tomados en cuenta en el diseño del equipo. Esto ocurre muchas veces al no haber sido tomada en cuenta alguna característica del material de construcción, o por una falla de cálculo. Estas fallas son muy difíciles de hallar por los operadores, debido a que la especificación de diseño indica que el equipo debería operar correctamente. Antes de proponer correcciones al diseño es indispensable realizar un análisis completo de las causas de la falla, así como una revisión del diseño de las partes del equipo involucradas en estas causas. Una vez hecho esto, se deben hacer pruebas sobre un diseño modificado, y evaluar las mejoras hechas con las modificaciones entre los departamentos de operación, ingeniería y mantenimiento.

e) Incrementar las habilidades operativas y de mantenimiento: Para realizar todas las actividades mencionadas anteriormente, es necesario que los trabajadores tengan las habilidades necesarias, así como una práctica adecuada. Esto debe incluir un conocimiento adecuado de los equipos así como de los estándares de operación. Además es necesaria una educación para cambiar la actitud de los trabajadores hacia el tiempo muerto. Ya que para eliminar los paros es indispensable creer que se puede operar con cero tiempo muerto por fallas de equipo.

#### 4.2.2. Cuatro pasos hacia cero paros por fallas de equipo.

Las cinco actividades anteriores no son un programa de corto plazo para eliminar los paros, e implementarlas simultáneamente es muy riesgoso. por ello se sugiere la siguiente secuencia.

a) Estabilizar los intervalos de falla de equipo: Para ello primero se debe restaurar el equipo para tenerlo en sus condiciones originales de operación. Además se debe prevenir la deterioración del equipo mediante el establecimiento de las condiciones básicas del equipo, así como de estándares operativos. Estas acciones reducirán la variabilidad en las condiciones del equipo, y con ello primero se reducirá el número de fallas, y se tendrá un proceso productivo más estable, ya que la deterioración del equipo provocará que si hay fallas estas ocurran con un patrón estable. Este paso requiere una inversión considerable, pues al principio se tendrán muchísimas falla menores que parece que no afectan al equipo, pero si se desea tener el equipo en sus condiciones originales es necesario restaurar el equipo completamente y después no descuidarlo.

b) Aumentar la vida del equipo: Esto se logra corrigiendo las debilidades del diseño, las cuales obviamente evitarán fallas. Otra manera de aumentar la vida del equipo es eliminando posibilidades de paros, esto se logra estableciendo métodos a prueba de error en los procedimientos de operación.

c) Restaurar periódicamente la deterioración: Al tener periodos estables entre fallas, se puede comenzar a hacer estimados sobre la vida del equipo, esto debe hacerse mediante chequeos diarios, e inspecciones y calibraciones de equipo periódicas. En esta etapa es importante el realizar un mantenimiento de mejora, al aprender los signos de la deterioración interna del equipo,

### *Maximizando la Eficiencia Total del Equipo*

estos síntomas de fallas deben ser documentados para que el personal los conozca, y pueda saber que hacer para prevenir las fallas, y mediante un análisis profundo encontrar una mejora al equipo que elimine cada falla. Para ello es necesario que se realicen estos análisis de fallas en una base periódica en grupos multifuncionales.

d) Predecir la vida del equipo: La última etapa consiste en utilizar técnicas de diagnóstico para prevenir la deterioración del equipo. Estas técnicas son realizadas con instrumentos de precisión, como ejemplo tenemos: monitoreo de vibraciones, fotografía infrarroja del equipo, etc.

#### 4.3 Pérdidas por tiempo de preparación del equipo y ajustes.

Son el resultado del tiempo de paro y producto defectuoso que surge cuando la producción de un artículo termina y el equipo se limpia, prepara y ajusta para cumplir con los requerimientos de otro artículo. Estas pérdidas son ignoradas debido a que en muchas ocasiones se cree que los procedimientos de ajuste no se pueden eliminar. Sin embargo se han desarrollado técnicas de cambio rápido, como el SMED desarrollado por el nipón S. Shingo. Actualmente la industria japonesa tiene como estándar el realizar estos cambios en tiempos menores a diez minutos. Para ello es indispensable realizar un análisis de los procedimientos, un gran ingenio para mejorarlos y mucha paciencia para implementarlos.

Las principales causas de estas pérdidas son: a) Procedimientos confusos o inadecuados. b) Falta de estándares. c) Poca intención de mejora en los procedimientos debido a la subestimación de estas pérdidas.

El método SMED para eliminar las pérdidas por preparación y ajustes, ha sido desarrollado en Japón para conseguir la meta de tiempos de preparación menores a diez minutos y cero producto defectuoso por ajustes. A Continuación se presentan las dos técnicas principales de esta teoría.

#### 4.3.1. Mejoramiento mediante la reducción de preparativos internos.

Al analizar los procedimientos de preparación del equipo es necesario diferenciar entre los preparativos que se llevan al cabo con el equipo sin operar los que llamaremos internos, y los que pueden realizarse con el equipo operando, es decir externos. Como ejemplo de externos se tiene el transportar y seleccionar herramientas y refacciones.

Una vez analizado el procedimiento se deben reducir los procedimientos internos al tratar de convertirlos en externos. Esta parte es la más difícil del asunto ya que requiere mucha perseverancia e ingenio. Primero se comienza con los procedimientos internos y uno por uno se revisan detalladamente cuestionando ¿ cómo hacerlos con el equipo operando ? o ¿ Qué pasaría si no se hiciera ese paso ? una vez hecho esto se depuran los procedimientos internos, teniendo únicamente los indispensables. Posteriormente se actúa con los externos buscando optimizarlos de modo que no haya procedimientos innecesarios. Por ejemplo se pueden realizar un preensamble de las piezas a cambiar, o cuando se pueda hasta comprar una máquina auxiliar para poder darle mantenimiento a otra. Además se debe enfatizar a los trabajadores sobre la importancia de conocer los estándares, ya que en ellos se indicará la herramienta adecuada así como el tipo de refacción etc. Un ejemplo moderno de el cambio de internos a externos son los llamados "kits" de refacciones para un determinado problema, los cuales incluyen las piezas y herramientas necesarias, así como lubricantes, limpiadores, etc.

#### 4.3.2. Utilización de técnicas Poka-Yoka.

En japonés poka-yoka significa a prueba de tontos, este método también se conoce como poka-yoke que es menos duro pues significa a prueba de errores. Consiste en que una vez realizado un análisis para optimizar los ajustes, de modo que sólo se realicen los indispensables, y buscando evitar que los ajustes sean hechos a prueba y error, evitando así que se obtenga producto defectuoso. Es decir se busca tener un método infalible de modo que con un solo ajuste el producto obtenido sea bueno desde la primera vez. Esto se logra mediante controles manuales, sonoros y visuales de una sola posición. Por ejemplo si una máquina debe ser calibrada a para

realizar un corte de  $x$  centímetros, se puede incluir dentro del procedimiento de preparación el mover la cuchilla de corte hasta un hueco donde está el ajuste, sin necesidad de medir si está a la distancia adecuada. Un ejemplo más complejo se daría en una máquina que al estar conectada con una computadora central, se pudiera detectar alguna falla sobre el ajuste inicial alertando al operador antes de que esta sea arrancada.

La eliminación de pérdidas por preparación y ajustes requiere principalmente de dos puntos que no se deben olvidar. a) estandarizar los métodos. b) Estar convencidos de que un análisis profundo de ellos nos puede ayudar siempre a mejorarlos.

#### 4.4 Pérdidas por equipo ocioso y paros menores

Los paros menores ocurren cuando la producción se interrumpe por un mal funcionamiento temporal o cuando una máquina está ociosa al bloquearse las máquinas anteriores a ella. Este tipo de paros difiere de los paros mayores en que la producción puede ser restaurada rápidamente por los mismos operadores. Por ejemplo tenemos un equipo eléctrico que sufre una sobrecorriente repentina, el equipo se detiene, y el operador únicamente necesita restablecer el equipo desde su caja de conexiones y listo. El principal problema que tienen estos paros menores es que son tan fáciles de restablecer que muchas veces no se tiene en cuenta la magnitud de las pérdidas dadas por el producto que salió defectuoso durante el tiempo necesario para restablecer las condiciones de operación que se tenían antes del paro. Es muy importante atacar estos paros pequeños, puesto que una combinación de ellos puede causar un paro mayor muy costoso y con un daño al equipo, que será más difícil de reparar.

Los principales problemas para remediar estos eventos son que la pérdida no se cuantifica, el fenómeno es muy difícil de observar de modo cercano, y que no se toman los remedios adecuados, pues en vez de atacar las causas se restablece el equipo y se continúa operando.

##### 4.1. Estrategias para eliminar los paros menores y equipo ocioso.

La estrategia contra estas pérdidas es muy similar a la realizada contra sus hermanos mayores:

- a) Exponer y corregir defectos ocultos en las distintas piezas del equipo.
- b) Asegurarse de que se mantienen las condiciones básicas del equipo.
- c) Revisar las condiciones básicas de operación.
- d) Adoptar una visión analítica ante cualquier evento de este tipo, de modo que los operadores se cuestionen que lo provoco y documenten sus observaciones para poder seguirles la pista.
- e) Determinar las condiciones óptimas de operación con el análisis de paros realizado anteriormente.
- f) Eliminar las debilidades del diseño actual, realizando mejoras que eviten estos eventos.

Como vemos es indispensable dar un seguimiento a la totalidad del equipo, separando los problemas comunes de los particulares, de manera que se ataquen primero los comunes. Es importante tener una visión global del equipo ya que si se concentra esta sólo en una parte tarde o temprano aumentará la frecuencia de paros en las áreas descuidadas. Y por último es importante recomendar que se busquen siempre soluciones sencillas apear de la complejidad de las causas, ya que de otro modo la mejora puede ser difícil y desgastante para todo el personal.

#### 4.5 Pérdidas por velocidad reducida.

Se refieren a la diferencia entre la velocidad de diseño y la de operación actual del equipo. Éstas son ignoradas frecuentemente debido a falta de conocimiento del equipo. Las razones por las que el equipo puede estar operando a menor velocidad pueden ser: problemas mecánicos y defectos de calidad, antecedentes de problemas en el pasado, o miedo al exceso de esfuerzo en el equipo. Muchas veces al elevar la velocidad hasta la velocidad de diseño, se contribuye a solucionar problemas al revelar defectos latentes en las condiciones del equipo.

##### 4.5.1. Principales problemas.

- a) Se tienen especificaciones de equipo muy vagas: La falta de claridad en las características del equipo provoca que no se tenga un patrón de comparación sobre la operación actual del

mismo, provocando muchas veces la creencia de que se le está sacando lo máximo, cuando en realidad se puede dar más.

b) Se especifica la velocidad óptima de operación pero esta nunca es alcanzada: En muchas ocasiones esto se debe a que anteriores fallas de calidad o paros mayores ocurridos a esa velocidad, prefiriendo el operador trabajar el equipo a una velocidad menor.

c) Una inadecuada investigación de los problemas, provoca que estos surjan cuando se incrementa la velocidad: Muchos defectos ocultos se ven magnificados al aumentar la velocidad del equipo, provocando que estos defectos, anteriormente latentes, repentinamente ocasionando un paro, el cual es atribuido al incremento en la velocidad en lugar de analizar las causas básicas.

#### 4.5.2. Pasos necesarios para evitar esta pérdida:

- a) Tener estándares de velocidad para cada producto, y buscando mantenerse en ellos.
- b) Incrementar el estándar de velocidad para cada producto.
- c) Alcanzar la velocidad de diseño y operar establemente en ella.
- d) Buscar mejoras al equipo de modo que se supere la velocidad del diseño original con un diseño mejorado.

#### 4.6 Defectos en el proceso y reproceso

Son pérdidas de calidad causadas por fallas en el proceso, que provocan que el producto este no cumpla con los estándares de calidad, ya sea parcial o totalmente. Ocurriendo así la pérdida por el producto defectuoso, y se pierden tiempo y recursos al reprocesar productos parcialmente defectuosos.

##### 4.6.1 Eliminación de defectos en el proceso.

Primero se debe contar con estándares de condiciones de equipo y condiciones de operación del mismo. Se deben dar a los operadores para que los conozcan y al monitorear o inspeccionar el equipo puedan determinar defectos latentes y con ello evitar defectos. Después se deben tener grupos multifuncionales que analicen los problemas de calidad que se tengan de modo que se

## **Maximizando la Eficiencia Total del Equipo**

analicen los problemas de producto defectuoso, determinando causas y acciones para evitar nuevas pérdidas, si estas acciones dan resultado, deben ser incluidas en los estándares.

La secuencia a seguir para eliminar estas pérdidas es la siguiente:

a) Evaluar la pérdida en una reunión donde participe personal de todas las áreas involucradas en el problema ( mantenimiento, producción, ingeniería, desarrollo de producto, etc.)

b) Realizar un estudio de capacidad del proceso en cuestión. esto se hará tomando datos de las diferentes variables en el proceso, y midiendo también las variables de calidad del producto terminado, durante un periodo establecido. La gráfica de capacidad de proceso nos mostrará la distribución de cada variable, así como su desviación sobre los objetivos.

c) Buscar correlación entre las variables del equipo y las variables del producto terminado. Esto nos ayudará a centrar la atención en ciertas condiciones del equipo que asegurarán la calidad del producto.

d) En caso de que la capacidad actual del proceso contenga desviaciones inherentes al proceso, estimar las mejoras necesarias al equipo o al procedimiento para evitar desviaciones.

e) Durante todo el proceso de eliminación de cada defecto, se debe documentar para poder utilizar esa información en la actualización de los estándares de operación y de mantenimiento.

f) Es importante realizar el monitoreo de variables de control, durante todo el tiempo de producción, ya que ellas nos ayudarán no solo a prevenir defectos de calidad, sino también ayudarán a determinar el mantenimiento que cada equipo requiere.

### **4.7 Pérdidas por rendimiento reducido**

Son aquellas que ocurren durante las etapas de arranque de la producción, varían con el grado de estabilidad de las condiciones de manufactura, así como con la habilidad de los operadores.

Estas pérdidas están muy relacionadas con las pérdidas por preparación y ajuste, pues cuando uno de los ajustes no es el óptimo, el equipo puede operar a bajo rendimiento, ya sea por baja velocidad, por defectos parciales, o por alguna otra condición que reduzca la cantidad de producto final, respecto a los materiales alimentados.

## **Maximizando la Eficiencia Total del Equipo**

Estas pérdidas prácticamente se pueden eliminar siguiendo los pasos para eliminar las pérdidas por preparación y ajustes y por velocidad reducida.

### **4.8. Principales armas para mejorar la Confiabilidad del Proceso.**

Como se ha revisado en cada pérdida existen ciertas condiciones que nos ayudan a mejorar la eficiencia total del equipo. Podemos ver que existen algunas comunes como:

- Exponer los defectos ocultos y buscar la manera de eliminarlos
- Mantener las condiciones óptimas de operación
- Mantener las condiciones básicas del equipo.
- Conocer las condiciones de diseño del equipo, y documentar modificaciones y problemas con la operación y el mantenimiento del mismo.
- Realizar un proceso de análisis que involucre al personal que mantenga relación con el problema.
- Restaurar el equipo y mantenerlo operando en sus condiciones de diseño.

En el siguiente capítulo se explican las actividades de desarrollo de MPT, las cuales son acciones básicas para incrementar la productividad, basadas en el análisis que hemos realizado sobre las seis pérdidas principales.

## 5. ACTIVIDADES DE DESARROLLO DE MPT

*Las características de las organizaciones óptimas tienden a extraer de cada individuo las cualidades más refinadas que lleva dentro de sí. Obsérvese que todos los atributos tienen que ver con las relaciones humanas. No se hace mención alguna de la tecnología, de las consideraciones económicas ni del producto ... En conclusión, el hombre da lo mejor de sí mismo cuando es miembro de una organización que desafía el espíritu humano, que estimula el crecimiento y el desarrollo personal, que realiza actividades en el momento preciso.. Ésta es la esencia de la calidad de vida en el trabajo."*

*W. Ouchi*

Como hemos visto existen múltiples factores que causan la baja efectividad del equipo, sin embargo existen cinco actividades que MPT debe desarrollar y que impactarán directamente en los métodos de trabajo consiguiendo eliminar las pérdidas que reducen la Confiabilidad del Proceso.

### 5.1. Grupos multifuncionales de mejoramiento de equipo.

Los grupos propuestos por MPT analizarán problemas, buscarán e implementarán soluciones al los mismos; estarán constituidos por el personal que este en mayor contacto con el problema, y por algún trabajador con experiencia, para guiarlos en caso de dudas o necesitar mayor apoyo.

Este concepto de grupos pequeños no es nuevo, ya en 1962 surgieron en Japón los círculos de calidad los cuales contaban con un grupo pequeño de trabajadores voluntarios que buscaban lograr alguna meta fijada por el grupo, pero que contribuyera directamente a asegurar la calidad del producto terminado. También surgieron en 1970 en los Estados Unidos de América los grupos que buscaban tener una operación con cero defectos, a diferencia de los círculos de calidad, estos eran formales, lo cual implicaba que se podía cobrar tiempo extra ya que la mayoría de las actividades de estos grupos se realizaban fuera del horario de trabajo. Otro antecedente de estos

grupos son aquellos que se realizan durante las campañas de seguridad, o calidad en la mayoría de las industrias.

Los grupos propuestos por MPT tienen las siguientes características:

a) Están integrados a la estructura corporativa, de modo sus actividades pueden complementar e incrementar otras actividades de la empresa. Esto quiere decir que su actividad es formalmente parte de las responsabilidades de cada empleado. Por ello al no ser voluntarios, se debe buscar tiempo para sus reuniones dentro de del horario de trabajo, y en caso de que se necesiten hacer reuniones extraordinarias, se deberá pagar tiempo extra.

b) Las metas del grupo coinciden con las metas de la empresa. Es decir el pequeño grupo debe promover tanto las metas corporativas como las necesidades individuales de cada trabajador a través de actividades concretas. El grupo tendrá pequeñas metas compatibles con las grandes metas de la compañía y las conseguirá mediante un trabajo cooperativo. Esto ayudará a satisfacer tanto la necesidad de reconocimiento y de autodirección del empleado como las metas de la empresa.

#### 5.1.1. Papel de la gerencia en el desarrollo de grupos pequeños.

El rol de la gerencia respecto a los grupos pequeños es vital, ya que mientras estos asumirán un mayor compromiso hacia la empresa, la administración debe mantenerlos motivados. Existen cuatro factores importantes para mantener la motivación e iniciativa de los grupos pequeños:

1\*) Reconocer la importancia del trabajo. Un trabajador debe entender la importancia de su trabajo de modo que tome la responsabilidad sobre lo que desea lograr en él. La supervisión y los colegas del trabajador deben ver también esa importancia, de otro modo el trabajador no va a creer en ello.

2\*) Fijar y lograr metas. Trabajar sin una meta es como correr una maratón sin una línea de llegada, es decir no hay motivación para perseverar. El primer paso de la gerencia en la fijación de metas debe ser escoger el tema y los objetivos. Después se deben poner valores a la meta y por último fijar la fecha en que se alcanzarán las metas. La gerencia debe tener cuidado en guiar a los

grupos pequeños de modo que sean capaces de seleccionar metas directamente relacionadas con las metas anuales de la compañía.

3\*) Actuar sobre las sugerencias. Una buena medida de la motivación de los empleados en su trabajo con grupos pequeños es el número de sugerencias propuestas por cada uno de ellos. El potencial de mejora sobre el equipo con estas sugerencias es ilimitado. De modo que si alguna sugerencia es implementada y da resultados positivos en la mejora de la eficiencia del equipo, cada individuo que participó en el grupo que la propuso tendrá una experiencia muy gratificante al alcanzar el objetivo. La gerencia debe auxiliar a los pequeños grupos de modo que sus miembros tengan la oportunidad de experimentar esta sensación de éxito. Por ejemplo a muchos trabajadores les cuesta trabajo expresar sus sugerencias por escrito, por ello cuando los supervisores y gerentes toman tiempo para auxiliar a los trabajadores en la escritura de sus sugerencias verbales, éstas se incrementan gracias a la confianza de ambas partes.

4\*) Reconocer el esfuerzo de los trabajadores. Las recompensas satisfacen el deseo de reconocimiento de la gente y son comúnmente dadas al alcanzar alguna meta, o por haber dado sugerencias exitosas. Además con ello se demuestra que la gerencia reconoce las actividades realizadas por los grupos pequeños de una manera concreta, y más importante que la cantidad otorgada como premio, es la oportunidad de que la gerencia reconozca y exprese la apreciación por los logros de los trabajadores.

#### 5.1.2. Etapas en el desarrollo de grupos pequeños.

Como vemos las condiciones para el desarrollo de grupos pequeños son: el tener motivación, un ambiente de trabajo favorable, y el desarrollo de otras habilidades latentes en el trabajador. A continuación se enumeran los pasos a seguir para tener éxito en el trabajo de grupos pequeños.

Primera etapa. Crear ambiente de trabajo favorable: Para ello es necesario disponer de las instalaciones adecuadas para las reuniones de los grupos, salas de juntas, pizarrones, etc. Además en esta etapa se deben eliminar las barreras psicológicas que existan en la organización,

estas se deben generalmente a algunos gerentes acostumbrados al estilo autoritario que se oponía a la administración participativa que se desea.

Segunda etapa. Autodesarrollo: Algunos miembros del grupo consiguen perfeccionar sus habilidades técnicas. Esto se logra al compartir experiencias entre todo el grupo, y recibir algún entrenamiento que sea necesario para todos los miembros. La motivación se incrementa al reconocer que cada individuo tiene cierta habilidad y que puede perfeccionarla.

Tercera etapa. Inicio de actividades: El grupo se propone metas acordes con las metas corporativas, y una serie de actividades para lograrlas. Estas actividades son lideradas por un sentido de complementación entre ellos.

Cuarta etapa. Resolución de problemas: En esta etapa el grupo comienza a realizar análisis de los principales obstáculos que se presentan en el camino hacia el logro de sus metas.

Quinta etapa. Administración autónoma: Al comenzar a lograr sus metas, el grupo comienza a fijarse metas más altas, y con la confianza resultante de haber logrado resultados, empieza a trabajar independientemente, de modo que la gerencia sólo participa cuando el grupo solicita su ayuda.

## 5.2. Conocimiento y desarrollo de habilidades a través del entrenamiento.

En los últimos años la tecnología ha avanzado cada vez más rápidamente, lo cual provoca que en muchas ocasiones el equipo instalado en las plantas necesite de gente muy experta para operarlo y mantenerlo, pero esta experiencia muchas veces se encuentra limitada a las personas que tienen el contacto directo con el equipo, y bajo estas circunstancias MPT no podrá tener éxito. Pues como hemos visto para mejorar la eficiencia del equipo es necesario que los operadores conozcan al máximo su equipo, y que el personal de mantenimiento conozca las condiciones de operación del equipo, pudiendo así prevenir las fallas. Por si fuera poco es necesario que los operadores tengan ciertas habilidades de mecánica y electricidad para llevar a cabo pequeñas reparaciones del equipo. Además todo el personal necesita cierta educación para poder plantear

los problemas que se presenten, analizarlos, y presentar claramente las causas y las soluciones posibles.

#### 5.2.1. El Centro de Entrenamientos.

Para realizar estos entrenamientos es necesario tener una gerencia que se encargue de ellos, y contar con área que tenga las condiciones necesarias para que estos se lleven a cabo. Es indispensable contar con este centro y realizar la mayor parte de los entrenamientos dentro de la planta, buscando practicar cerca o de ser posible en los equipos sobre los que se esta obteniendo el entrenamiento.

El departamento de entrenamientos estará constituida por un gerente que asignará recursos a los diversos programas, así como buscará tener el material y personal de instrucción adecuados. De este gerente dependerán los instructores que en un principio pueden ser contratistas externos para equipo nuevo, o de alta tecnología, y operadores veteranos para técnicas de operación del equipo actual. La idea es que se tenga por lo menos un instructor por cada cincuenta trabajadores, y que cada trabajador reciba por lo menos cien horas de entrenamiento al año.

Además de salones de clase, el centro de entrenamientos debe contar con talleres de electricidad, mecánica, etc. con diagramas del equipo y de ser posible con equipos abiertos iguales a los instalados en la planta. Además debe contar con salas donde se pueda simular las operaciones de los equipos más problemáticos de la planta.

#### 5.2.2. Contenido de los cursos.

Se dividirán los cursos en cuatro tipos:

a) **Habilidades de Instrucción:** Se preparará en ellos a algunos mecánicos, instrumentistas, y operadores veteranos, para que actúen como instructores del centro de entrenamientos.

b) **Habilidades de mantenimiento:** Para mejorar la eficiencia del equipo es necesario que los operadores lo conozcan de la mejor manera posible, y que tengan las habilidades mecánicas y eléctricas necesarias para llevar a cabo en él los ajustes menores necesarios, además de contar

con el conocimiento sobre algunas reparaciones, de modo que valoren el trabajo del personal de mantenimiento. Para el personal de mantenimiento está claro que se necesitarán cursos más avanzados de soldadura, hidráulica, electrónica e instrumentación, de modo que puedan darle mantenimiento a cualquier equipo de la planta. En el caso de mecánica y electricidad se pueden dar tres cursos de modo que los operadores lleven el primero, mientras el personal de mantenimiento lleva los dos cursos de mayor nivel.

c) **Habilidades de operación:** Prácticamente ningún trabajador al ser contratado, ha tenido experiencia similar con un equipo como el de la planta, y ocurre también que una vez que el ha aprendido a operar su equipo, se le cambia a un área desconocida. Tradicionalmente la industria continua manejando a los trabajadores en una nueva posición como aprendices, es decir pasan un determinado tiempo ayudando a un trabajador experto y aprendiendo lo que puedan. El problema es que muchas veces no aprenden los estándares de operación y si las mañas. Con ello la entrada de personal nuevo a operación siempre provoca problemas en el equipo. Para evitar todo esto es necesario que todo operador nuevo reciba un entrenamiento completo, con un manual donde se le indiquen las condiciones básicas del equipo, los estándares de operación, y las principales fallas que puede tener el equipo, así como las acciones para prevenirlas. De ser posible el entrenamiento debe contar con prácticas en simuladores o bien en el mismo equipo del que está recibiendo entrenamiento.

d) **Habilidades auxiliares:** Estas son todas las que pueden ayudar a los operadores en el análisis de problemas, toma de decisiones, redacción de propuestas, y para el registro de datos y seguimiento de las condiciones del equipo. Estas habilidades son microcomputación, conocimientos estadísticos, técnicas de liderazgo, etc.

### 5.2.3. Las lecciones de un solo punto.

Para realizar un buen entrenamiento es necesario que las lecciones estén bien administradas, de modo que los participantes no se saturen de información, y puedan entender los conocimientos, y sobre todo llevarlos a la práctica. Para ello MPT sugiere una característica

pedagógica peculiar, y es la de formar el manual de entrenamiento mediante lecciones de un solo punto. Estas deben centrarse en un solo tópico para evitar confusiones en los estudiantes, además el tener lecciones de un solo punto para mantenimiento, ayuda a que el personal pueda realizar prácticas inmediatamente después del entrenamiento.

#### 5.2.4. Paso a seguir para implementar los entrenamientos.

1) Crear una organización responsable de ellos, y definir un espacio para el centro de entrenamientos, el cual crecerá conforme aumente la cantidad de ellos. Además la organización creará una campaña para motivar a los trabajadores a entrenarse.

2) Seleccionar las habilidades prioritarias, seleccionar, formar a los instructores, preparar las lecciones de un solo punto, y hacer un calendario de entrenamientos.

3) Evaluar al personal y cada grupo pequeño determinará que miembros asistirán a cuales entrenamientos.

4) Evaluar los resultados de los entrenamientos, mediante exámenes y periodos de demostración.

5) Mejorar continuamente los entrenamientos, con las sugerencias de los participantes, con la documentación de problemas y soluciones hechas en la planta.

Para terminar el asunto de los entrenamientos es necesario comentar que a pesar de que el sistema de pago por habilidades ha sido muy criticado por los sindicatos en América Latina, este sistema de pago ha mostrado que es una buena forma para motivar la capacitación del personal.

#### 5.3. Mantenimiento autónomo.

Idealmente quien opera el equipo debería darle mantenimiento, de hecho en un principio así era, y la función de operación se encontraba combinada con la de mantenimiento. Gradualmente estas funciones se fueron separando al volverse el equipo cada vez más sofisticado. Resultando con ello una especialización bipolar de funciones, lo cual ha creado impedimentos para mejorar la

eficiencia del equipo, pues muchas veces cada departamento ve solo su parte, olvidándose que pertenecen a la misma compañía y por ello tienen los mismos objetivos.

El concepto de mantenimiento autónomo es propio de MPT, para entenderlo es necesario hacer una analogía entre la operación del equipo en la planta y la conducción de un automóvil (Tabla 2). Pues todos aquellos que tengan un auto saben que es mejor conocer las condiciones de la falla, para que el mecánico sepa pro donde arreglarla, además se sabe que es mejor prevenir un desviamiento del motor revisando el nivel de aceite, y la temperatura del motor.

Tabla 2

Acción	Conductor	Taller de Servicio	Operador	Departamento de Mantenimiento
Revisión diaria	Revisar antes de Conducir: Exterior del auto Compartimiento del motor Tablero de Instrumentos. etc.	Realiza las revisiones solicitadas por el cliente, tales como nivel de aceite, presión de llantas, etc.	Revisión del equipo antes de arrancar, inspección visual de la temperatura, nivel de vibración, ruidos extraños, etc.	Inspección de maquinaria e instrumentación con herramientas especiales de medición.
Reparación menor	Lavar el auto, agregar aceite, revisar banda del ventilador, etc.	Reparación según solicitud del cliente.	Rotular de lubricante, revisar temperatura, bandas, limpiar.	Recolección de datos y planeación del mantenimiento.
Servicio y reparación periódica.	Los autos requieren un servicio periódico tal como la alineación y balanceo, etc. Como lo indica el manual del usuario.	Ajustes y servicio periódico, también inspecciones o verificación que marque la ley.	Las máquinas requieren mantenimiento periódico como lo fijan los estándares.	Mantenimiento planeado; Mantenimiento preventivo, mejoras en el mantenimiento y registro de las reparaciones.
Fallas.	Llanta pinchada, Problemas del motor, etc.	Reparación	Varios (el operador debe documentarlos)	Eliminar las causas de falla y reducir las actividades tan pronto como se pueda.

Como vemos operación y mantenimiento son inseparables, y para lograr incrementar la eficiencia total del equipo es indispensable la cooperación de ambos.

El personal de operación tiene entre sus responsabilidades las siguientes tres actividades:

- 1) Prevenir el deterioro. Esto se lograra operando el equipo de la manera adecuada, mantener las condiciones básicas del equipo, realizar los ajustes menores adecuados, registrar datos sobre fallas, y colaborar con el departamento de mantenimiento en la investigación de las fallas.
- 2) Medición de la deterioración. Realizando inspecciones diarias e inspecciones periódicas.
- 3) Restauración del equipo. Realizando reparaciones menores, y comunicando al departamento con exactitud los síntomas de fallas.

### 5.3.1. Elementos del mantenimiento autónomo.

El programa de mantenimiento autónomo busca principalmente eliminar las fallas ocultas mediante la conservación de las tres condiciones básicas del equipo, Lubricación, limpieza y ajustes menores, además de realizar una inspección diaria del equipo. A continuación se revisan los cuatro elementos:

1\*) Limpieza: En muchas ocasiones se descuida la limpieza del equipo, pensando que ella no tiene nada que ver con sus fallas, sin embargo la limpieza es una condición básica, ya que si el trabajador esta acostumbrado a ver su equipo sucio, tendrá la impresión de que este no es importante, además de ocultar tras costras de mugre muchas pequeñas fallas que tarde o temprano saldrán a provocar fallas crónicas. Los objetivos de la limpieza son tener un ambiente de trabajo favorable, conservar el equipo y por último inspeccionar el equipo. Inspeccionar, es la clave para unir la limpieza y volvería un trabajo trascendente, pues muchos trabajadores ven los trabajos de limpieza como algo superficial, y la inspección como algo aburrido; pero ¿quien no inspecciona su cuerpo cuando se baña?, o a lavar su auto no detecta fugas de aceite, rayones en la pintura, etc. Para llevar a cabo esta condición de limpieza, la mayoría de las veces es necesario realizar una limpieza inicial a fondo, tomar fotografías y fijar el estándar de limpieza del equipo, el trabajador no sólo limpiará, sino que sentirá el equipo y con ello identificará sus condiciones, además es importante que el trabajador detecte en sus inspecciones las fuentes de contaminación del equipo y busque la manera de eliminarlas.

2) Lubricación. Las pérdidas causadas por la mala lubricación van desde paros menores y bajas eficiencias del equipo por calentamiento, hasta desgaste acelerado o desviellamiento del mismo. De hecho teniendo el equipo bien lubricado se tiene una reducción en el consumo de energía, pero sobre todo se tiene una operación más confiable. Sin embargo muchas industrias no llevan a cabo toda la lubricación del equipo debido a que no hay estándares de lubricación, además de que prácticamente todo el equipo se debe lubricar y se vuelve una tarea enorme. Aunque en realidad para lubricar un equipo solo se necesitan entre 5 a 10 minutos si se tiene el

conocimiento del tipo de lubricante, y lugar de lubricación. Por ello esta actividad la pueden realizar los operadores al iniciar su turno. Para llevar a cabo esta actividad solo es necesario fijar los estándares de lubricación para cada equipo, dar un pequeño entrenamiento al operador, y fijarle un calendario de lubricación.

3) Ajustes menores. Existen muchas pérdidas que podrían haber sido evitadas, si tan solo el operador hubiera apretado la tuerca unión de una tubería, o un tornillo flojo en el monoblock de un motor, etc. Ese goteo o vibración parecen detalles insignificantes, por lo cual el departamento de mantenimiento casi nunca les hace caso, pero a la larga lo que fue una pequeña vibración puede provocar que se rompa el monoblock de un motor, y un pequeño goteo puede provocar que toda una tubería sea víctima de la corrosión, o bien cualquiera de estos detalles pueden a la larga ocasionar un accidente. Para realizar estos ajustes menores es necesario que el operador haya recibido un entrenamiento sobre habilidades básicas de mantenimiento, y proporcionarle la herramienta adecuada.

4) Listas de Inspección. Es necesario que el operador tenga un lugar donde registrar sus chequeos diarios y anotar las condiciones de operación, además de poder anotar allí alguna observación importante para el departamento de mantenimiento. Estas listas de inspección deben ser lo más sencillas que se pueda, de modo que el operador no necesite un gran entrenamiento para llenarlas. Por ello es importante que los operadores participen en el diseño de estas listas de inspección.

Con estas cuatro actividades los operadores realizarán un trabajo preventivo importante, además de desarrollar sus sentidos para detectar síntomas y causas de fallas, ayudando con todo esto a prevenirlas.

### 5.3.2. Implementación del mantenimiento autónomo.

Para realizar esta actividad tan importante, se propone llevarlo a cabo en siete pasos: 1) limpieza inicial. 2) Acción contra las fuentes de polvo y contaminación. 3) Estándares de

lubricación y limpieza. 4) Inspecciones conducidas y elaboración de listas de chequeo.. 5) inspecciones autónomas. 6) Estabilización, 7) Mantenimiento autónomo completo.

Existen seis factores importantes en la implementación.

a) Entrenamiento. Se debe dar un entrenamiento progresivo, el cual comenzara con una introducción a las condiciones básicas del equipo, y continuará con las habilidades de mantenimiento necesarias

b) Cooperación entre departamentos. Es indispensable que el departamento de mantenimiento coopere con el operativo en la elaboración de estándares, y auxilie en la implementación.

c) Realizar actividades en grupos pequeños. Estos grupos se encargarán de elaborar los estándares de lubricación y limpieza, y de elaborar las listas de inspección.

d) El mantenimiento autónomo No es una actividad voluntaria. Debe que dar claro a los operadores que el mantener las condiciones básicas del equipo es su responsabilidad, y que complementa el trabajo del departamento de mantenimiento. Sobre todo se debe enfatizar en los beneficios que traerá a todos a eliminar defectos pequeños que causan fallas crónicas, y conocer mejor el equipo.

e) Los operadores deben participar en el diseño de estándares y listas de chequeo.

f) Siempre se deben buscar resultados concretos. Las metas de cada actividad del mantenimiento autónomo deben estar claras para los operadores.

#### 5.4. Plan mejorado de mantenimiento preventivo y de operaciones de mantenimiento.

Mientras los operadores tendrán la responsabilidad de conservar las condiciones básicas del equipo, el departamento de mantenimiento será responsable de dos grandes actividades: las normales (reparación, mantenimiento preventivo, etc.) y las de mejora.

Con un programa de mantenimiento preventivo se busca inspeccionar el equipo, y detectar las condiciones que pudieran ocasionar pérdidas, se buscará controlar o eliminar dichas causas. Es decir el mantenimiento preventivo es la rápida detección y tratamiento de anomalías en el equipo antes de que provoquen pérdidas o defectos.

Lo primero que se debe hacer es estandarizar las actividades de mantenimiento, ya que al ser poco repetitivo este trabajo, en muchas ocasiones se producen fallas por desconocimiento o falta de práctica. Por ello es necesario crear estándares de equipo y refacciones como procedimientos de trabajo que incluyan tipo de herramientas a utilizar, y puntos clave de cada trabajo.

Hay tres actividades clave en el mantenimiento preventivo:

#### 5.4.1. Mantenimiento predictivo.

Utilizando aparatos de diagnóstico se pueden detectar condiciones del equipo, estas modernas técnicas son muy útiles y exactas. Las principales son: Métodos térmicos, monitoreo de lubricación, monitoreo de vibraciones, monitoreo de ruidos, monitoreo de corrosión, y monitoreo de fisuras en el equipo. El mantenimiento predictivo busca con ello reducir las fallas y accidentes del equipo, incrementar el tiempo de operación, reducir el costo y tiempo de mantenimiento, incrementar la calidad de los productos y servicios.

#### 5.4.2. Utilización de registros de condiciones de operación y mantenimiento de equipo.

La calidad del mantenimiento será revelada por los registros de este, pues en ellos se podrá ver que reparaciones se han hecho a cada equipo, así como la frecuencia de fallas. Estos registros contendrán además los datos obtenidos en las inspecciones. Es importante utilizar estos registros para mejorar los procedimientos de mantenimiento, preparar entrenamientos, y utilizarlos en el análisis de problemas con el equipo.

#### 5.4.3. Elaboración y ejecución de planes de mantenimiento.

El mantenimiento periódico debe ser planeado razonablemente para lograr que el proceso sea confiable. Se tienen 2 tipos de planes, el anual, y el mensual.

a) El mantenimiento anual busca asegurar la confiabilidad del equipo por un largo plazo.

b) Mantenimiento mensual. En él se llevarán a cabo actividades para adelantar planes del mantenimiento anual.

El plan anual de mantenimiento contendrá las fechas de mantenimientos mayores, por ejemplo diciembre. Se hará una lista con los registros de datos del equipo, con lo que se conocerá que equipos tienen más problemas. El plan anual debe contener fechas probables para los mantenimientos mensuales, y actividades mayores como puede ser un proyecto de incremento de capacidad, o el reemplazo de algún equipo importante. La parte importante aquí es que para realizar el plan se debe involucrar a los pequeños grupos, los cuales podrán tomar bajo su responsabilidad alguna mejora o proyecto.

Como vemos el programa de mantenimiento debe contar con la participación de todos mediante grupos pequeños, y esto es lo que hará que MPT de más que un programa de mantenimiento común.

#### 5.5. Programa de administración temprana del equipo.

Esta actividad busca la colaboración de los departamentos de ingeniería, mantenimiento y producción en el manejo de proyectos. La meta de estas actividades es reducir los costos de mantenimiento, y las pérdidas por deterioración en un equipo nuevo mediante la consideración de experiencias con los equipos actuales, combinada con la tecnología de punta, cuando se diseña equipo, de modo que esté tenga la máxima confiabilidad y seguridad posible.

Esta actividad es importante porque sino todos los problemas con el nuevo equipo surgirían después de haber sido instalado, al realizar las pruebas de seguridad (estáticas y dinámicas). Se presentarían problemas además en la estabilización de la operación. Teniendo finalmente que arreglar todos estos defectos del diseño entre los ingenieros de producción y mantenimiento. En cambio al realizar esta prevención y analizar el tipo de mantenimiento y operación de un equipo nuevo, se puede lograr que este opere bien desde la primera vez, de este modo el equipo nuevo será aceptado más fácilmente por los operadores, además de evitarse que los estándares y condiciones básicas de otros equipos decaigan por tener que estar prestando atención al arranque de un proyecto.

Para llevar a cabo esto se debe seguir una secuencia de tres fases en el manejo de proyectos.

### 5.5.1. Comisión.

Cuando la planta requiere realizar un proyecto, se formara una comisión o grupo de arranque, el cual estará formado por miembros de los departamentos de ingeniería, mantenimiento y operación. El proyecto se llevará a cabo por el departamento de ingeniería junto con algún constructor contratista. El papel de la comisión será el de revisar el avance del proyecto en reuniones semanales o quincenales. En estas juntas se resolverán dudas de los trabajadores que operarán o darán mantenimiento en el futuro al nuevo equipo, se revisará el diseño con la comisión para checar que no se haya olvidado algún detalle operativo, o bien que no se este violando algún procedimiento de seguridad. Es muy importante tomar las sugerencias de estas reuniones, pues los ingenieros de diseño no tienen la experiencia operativa de los trabajadores, quienes en proyectos anteriores ya han aprendido que tan importante es el que el panel de control quede viendo hacia el equipo, o bien el tener botoneras locales, etc. También los mecánicos expertos pueden analizar si la posición de instalación propuesta es adecuada para poder darle el mantenimiento sin tantas dificultades. Se puede revisar además que los equipos nuevos sean lo más compatibles con los equipos ya instalados, de modo que no se tenga que utilizar un tipo de refacción diferente para equipos similares, ya que esto provoca confusión.

Una vez comenzada la construcción del proyecto, la comisión revisará no solo el avance del proyecto sino también el cumplimiento de los requerimientos de calidad u operativos solicitados. De modo que ningún defecto pequeño quede latente hasta el día del arranque. Por ejemplo se revisará que las válvulas instaladas sean normalmente abiertas, que se hayan instalado válvulas de seguridad, etc. También se revisara que la construcción de instalaciones nuevas afecte mínimamente a las instalaciones originales, ya que muchas veces al no conocer el departamento de ingeniería la naturaleza de la operación, pueden presentarse paros por problemas con los contratistas, esto será evitado aclarando en la comisión los problemas que puede haber en la instalación de cada equipo.

Otro punto importante en la comisión es el realizar entrenamientos para los futuros operadores, así como para el personal que le vaya dar mantenimiento, de modo que no lleguen a aprender el día del arranque, y lograr con ello un arranque lo más confiable posible.

La comisión terminará cuando se haya terminado la construcción y se hayan realizado las pruebas estáticas y dinámicas del equipo. Al terminar la etapa de comisión, se tendrá una lista de mejoras menores, las que a pesar de no afectar directamente al arranque del equipo, si lo afectarán en un futuro, estas mejoras deben realizarse al equipo durante la etapa de calificación..

#### 5.5.2. Calificación.

Durante esta etapa el grupo de arranque revisará los datos del inicio de operaciones del nuevo equipo, y los comparará con los estándares de operación deseados. También se analizarán los problemas que se presenten de modo que se pueda determinar rápidamente cuales son las causas de ellos y se proponga una mejora. Todo esto será documentado y se incluirá en futuros entrenamientos. También se revisará que se estén cumpliendo los objetivos propuestos por la justificación del proyecto, de modo que se asegure que el equipo opera confiablemente, y cumple con los objetivos para los cuales fue construido.

Dependiendo del tipo de equipo se puede llevar el arranque mediante corridas experimentales cortas, las cuales irán siendo cada vez más largas y con mayor velocidad buscando probar todas las condiciones de operación del equipo.

La calificación terminará cuando se haya demostrado en un número de horas de operación, determinado en la base de diseño del proyecto, en las cuales se haya demostrado que el equipo cumple con los requisitos de diseño y las sugerencias de la comisión.

#### 5.5.3. Verificación.

Esta es la etapa en la cual ya se sabe que el proyecto cumple con las condiciones deseadas, pero no se sabe por cuanto tiempo, o no lo ha hecho establemente. Por ello en la etapa de verificación se buscará hacer las mejoras adecuadas para que el equipo nuevo opere

establemente, y pueda ser tratado como un equipo normal de la planta. La verificación incluirá una lista de mejoras que es posible hacer tanto a los procedimientos como al equipo de modo que quede arreglado cualquier problema no resuelto en la calificación. Esta etapa es muy importante pues muchas veces sucede que al arrancarse un equipo nuevo, se descuida la operación de los equipos ya establecidos, y una vez pasado el periodo de arranque se presentan problemas cuando se deja de atender al equipo nuevo. La propuesta en la verificación es asentar que el equipo operará confiablemente, eliminando fallas latentes antes de que estas crezcan y provoquen paros.

Como vemos los conceptos de mantenimiento temprano buscan que los equipos nuevos no provoquen una baja en la eficiencia total del equipo, buscando una curva de arranque de los proyectos lo más pendiente y estable posible.

#### 5.6. MPT en la administración y otras áreas de soporte.

El uso de conceptos propuestos para MPT ayuda a mejorar también la efectividad administrativa, la seguridad, y la conservación ambiental de la empresa.

##### 5.6.1 MPT y la administración.

Existen cinco grandes pérdidas administrativas las cuales pueden ser eliminadas con la implementación de MPT. Estas pérdidas son:

a) Pérdidas en las compras. Al no tener estándares de equipo, se tienen muchas pérdidas en la compra de refacciones pues muchas veces no es la adecuada. Además al instalar un equipo nuevo debe buscarse una cierta compatibilidad con los equipos anteriores de modo que las refacciones no sean muy caras, y en un momento dado puedan ser las mismas que se han utilizado en equipos similares.

b) Pérdidas de subcontratación. Al incrementarse los conocimientos del personal, ellos podrán participar incrementalmente en el desarrollo de proyectos, pudiendo con esto eliminar contratistas en el diseño y mantenimiento.

c) Pérdidas de trabajo. Al realizar un adecuado manejo de proyectos, se evitan pérdidas por tener que volver a realizar un trabajo mal diseñado.

d) Pérdidas en la distribución. Cuando la demanda es muy fuerte, y la producción tiene algún problema, se presentan pérdidas por cancelaciones, o por embarques incompletos, esto además de reducir las ventas produce una mala imagen en los clientes. Al reducir MPT los problemas en el equipo, la producción es constante y se evitan problemas en la distribución

e) Pérdidas en inventarios. Para evitar problemas en la distribución muchas empresas tienen grandes inventarios de seguridad. Estos inventarios son muy costosos, pues es producto que no ha sido vendido y por ello es dinero estancado en un almacén. Al reducir MPT el tiempo muerto, y el tiempo de preparación y ajustes, se tiene más seguridad en el cumplimiento de la cédula de producción, pudiéndose eliminar gastos al tener una manufactura justo a tiempo.

La manera como MPT ayuda a eliminar estas pérdidas es singular, ya que se cimienta en un trabajo participativo, con objetivos claros que elimina defectos ocultos.

#### 5.6.2. MPT y la seguridad.

Al implementarse MPT, los grupos de seguridad de la empresa se verán fortalecidos, pues los pequeños grupos de trabajo formador por MPT buscarán que toda mejora al equipo no conlleve un riesgo para trabajador alguno.

Existen tres factores en los que MPT contribuye a la seguridad.

a) Al conocer los operadores de mejor manera sus equipos, y tener estándares de operación, saben los riesgos que corren si se da una mala operación.

b) Los grupos de trabajo al realizar sus análisis de problemas y mejoras, siempre deben estar conscientes de que la seguridad es primero, por ello debe garantizarse el que estas mejoras aumentarán la seguridad en el uso del equipo.

c) Al mantener orden y limpieza en los equipos y áreas de trabajo se eliminan probabilidades de accidentes como resbalones, etc.

### 5.6.3. MPT y la conservación del ambiente.

Durante los últimos años la industria ha sido criticada por la contaminación, al grado que se le ha achacado la culpabilidad de casi todos los problemas ecológicos del planeta. A partir de la década de los ochenta se ha venido implementando la idea de las plantas industriales libres de residuos y emisiones, llamadas "Plantas industriales amables con el medio ambiente". Es por ello indispensable que las plantas actuales mejoren sus condiciones de modo que sean ecológicas, es decir que eliminen toda emisión contaminante y eviten la producción de residuos aprovechando los subproductos de la operación, ya sea reciclándolos o consiguiendo alguna empresa externa que los aproveche.

Para lograr un desarrollo sostenible de la industria es necesario no sólo lograr las satisfacciones de los clientes, los socios y los trabajadores, sino también no comprometer a las futuras generaciones con la destrucción del ambiente. Por ello es indispensable tener un programa de concientización sobre el impacto ecológico de la industria, y crear un programa en el cual participen todos los empleados, ya que la responsabilidad de la conservación de los recursos naturales no pertenece solo a unos cuantos, es responsabilidad de todos.

Hay varios factores con los que MPT contribuye a la conservación del ambiente. Pues al operar el equipo en buenas condiciones se evitarán las emisiones de gases o polvos contaminantes a la atmósfera, pues los sistemas de filtrado operarán eficientemente. Además al eliminarse las causas de suciedad en los equipos, se evitarán derrames de aceites y grasas o de materias primas producidos al tener que reparar de emergencia un equipo que sufrió una falla. Una mayor confiabilidad del equipo consigue que el mantenimiento y la operación sean más meditadas, de modo que los trabajadores se preocupen por realizar un trabajo que no deje residuos peligrosos, o fuentes de contaminación.

En el siguiente capítulo se muestra como se incrementa la productividad con este sistema.

## 6. EFECTO DE MPT SOBRE LA PRODUCTIVIDAD

*"...la productividad es conseguida únicamente por aquella empresa que logra formar gente proactiva..."*

La mayoría de las empresas anteriormente buscaban recortar costos al despedir personal o bajar su calidad. Y si era necesario incrementar la producción, casi siempre se invertía dinero en equipo, sin embargo la presión competitiva actual ha puesto a las empresas a explotar un recurso que no habían logrado aprovechar y este es el explotar al máximo el equipo existente mediante una correcta operación y mantenimiento. Y por ello MPT es una respuesta en esta época.

Actualmente las empresas de manufactura de todo el mundo se comparan entre ellas buscando cual es más productiva. Usualmente las medidas que utilizan no son las que mantendrán a la empresa en un lugar competitivo. Ya que muchas de ellas se comparan únicamente en factores como calidad del producto, tiempo corrido de operación, etc. pero no toman en cuenta la combinación de estos factores, y es allí en la combinación de factores donde se oculta el área de oportunidad para incrementar la productividad.

Por ejemplo la empresa A puede jactarse de tener un 99% de calidad, pero ¿cómo esta su disponibilidad o el desempeño de su equipo? Puede suponerse que es buena ya que tiene 90% de disponibilidad y 80 % en desempeño. La empresa B puede decir que esta bien al mantener una Calidad de 90%, un Desempeño de 80% y una Disponibilidad de 80%. Sin embargo estas empresas al estar utilizando programas que aisladamente tratan de incrementar cada factor, no logran la estabilización de sus procesos. La empresa A tendrá Confiabilidad de Proceso =  $99 \times 90 \times 80 = 711\%$  y la empresa B tan solo tendrá una eficiencia total de 57 %. Como se puede ver estas empresas todavía pueden incrementar su productividad.

La manera como MPT busca incrementar la productividad, es previniendo las pérdidas de efectividad en los equipos, incrementando la contribución de los empleados en la detección y solución de problemas, mejorando con ello los equipos. De este modo se minimiza el costo de

operación de los equipos. Sin lugar a dudas al eliminarse los paros del equipo y los defectos de producción, se puede reducir el inventario de seguridad. Y al no haber emergencias, se reducen los costos de mantenimiento. Con acciones como esta se verá aumentada la productividad.

#### 6.1. Apoyo de MPT a la Administración por Valor Agregado.

La administración por valor agregado busca aumentar la productividad mediante la minimización de actividades que no dan valor al producto, y la optimización de las que si lo agregan. De esta manera se pueden reducir los costos de producción eliminando gastos innecesarios, y agilizando las actividades que no dan valor al producto pero que son necesarias en el proceso. Al administrar de esta manera se pueden ofrecer mejores precios a los clientes, e invertir el dinero en los puntos que benefician al proceso productivo.

MPT apoya esta estrategia de administración en cuatro puntos:

- a) Proceso de producción: Apoya a los sistemas justo a tiempo asegurando el funcionamiento óptimo del equipo.
- b) Gente: Se vale de pequeños grupos multifuncionales y logra incrementar la motivación del personal, así como sus habilidades. Involucra adecuadamente a todos los niveles, de modo que se establece una comunicación eficiente, y un sistema cooperativo para evitar que un mismo trabajo se realice dos veces, y con ello acelerar los trabajos prioritarios.
- c) Calidad: Promueve estrategias para lograr una producción con cero defectos.
- d) Equipo: Incrementa la disponibilidad y desempeño del equipo. Reduce los costos mediante mejores diseños. Mejora la administración de las áreas de mantenimiento y operación.

6.2. Resultados de implementación de MPT.

Los siguientes resultados han sido logrados por diversas empresas japonesas y norteamericanas con la implementación de MPT.

6.2.1. Efectividad del equipo.

Medida MPT	Detalle de Medida	Resultado
Fallas del equipo	Cantidad de fallas esporádicas actuales en relación con las habidas antes de MPT en el mismo periodo	1/25
Paros del equipo	Cantidad de paros esporádicos respecto a periodos anteriores	1/16
Frecuencia en fallas de equipo.	Fallas del equipo entre el tiempo disponible total, comparado entre los periodos antes y después de MPT	1/16
Tiempo muerto	Tiempo perdido por paros, ajustes o problemas de calidad	Bajó 57%
Cuota de operación	Tiempo de operación entre tiempo total disponible	subió 6.2%
Defectos en el proceso.	Defectos entre cantidad total de producto	Bajó un 45%

Efecto sobre la Productividad

6.2.2. Costos.

Medida MPT	Detalle de Medida	Resultado
Reducción del costo	Diferencia entre costo anterior y actual	3.2 Veces
Reducción en el consumo de energía	Porcentaje de consumo.	33% Menos
Tarifa del Mantenimiento	Costo de refacciones y mano de obra.	Se redujo en un 15 %
Cuota de inversión en inventario	Cantidad invertida en almacenamiento y manejo de inventarios de seguridad.	Se redujo 1.4 Veces

6.2.3. Calidad y Distribución

Medida MPT	Detalle de Medida	Resultado
Defectos en el producto	Porcentaje	90% de reducción
Quejas de los clientes	Número de reclamaciones	50% menos.
Reducción de inventarios	Días de inventario de seguridad	50% menos
Rotación de inventarios	Número de veces por mes	200% más

6.2.4. Otros factores:

Medida MPT	Detalle de Medida	Resultado
Accidentes	numero de eventos	Cero
Emissiones Contaminantes	Cantidad de eventos contaminantes	Cero
Ideas del personal implementadas	Número de ideas sugeridas y llevadas a cabo.	230% más

### 6.3. Ejemplo.

A continuación se comenta brevemente un conocido caso de implementación de MPT. Se utiliza este caso ya que no se pueden incluir datos de Procter & Gamble debido a la confidencialidad de los mismos.

#### 6.3.1. Compañía Kodak.

Invirtió uno y medio millones de dólares, teniendo un total de seis millones en ahorros, y se proyectan ahorros de 36 millones para los próximos seis años.

Esto fue logrado mediante la participación de todo el personal en el programa. Cuando se comenzó el programa se tenían paros frecuentes, y con ello retrasos en la producción. Además no se tomaba en cuenta la velocidad del equipo como un factor importante. Estas fallas no se habían logrado eliminar a pesar de que ya se había implementado un programa de calidad total cinco años antes, ya que el producto tenía la mejor calidad, pero no cubría la demanda por temor a que la calidad disminuyera. Ahora se buscaba implementar una manufactura justo a tiempo, sin embargo los retrasos en el cumplimiento de la cédula de producción, no permitían disminuir los inventarios. Es por ello que se decidió aplicar el programa MPT en 1988, dos años y medio después, el programa estaba totalmente implementado, y la sorpresa que se llevaron tanto los trabajadores como la alta gerencia fue que ahora no solo se fabrica producto de alta calidad, sino se fabrica en cantidad superior a la demanda, de modo que se decidió a buscar nuevos mercados para sus productos. Estos logros aumentaron la motivación del personal y los accionistas, pero no solo se incrementó por los logros finales, pues el ambiente de trabajo mejoró, y con ello también las condiciones de seguridad, pero sobre todo la gente entendió la importancia de su labor para contribuir en logro de las metas.

Uno de sus logros fue la reducción en la frecuencia y tiempo de reparación en discos de ruptura. Pues antes de MPT se tenían 200 eventos al año, los cuales se tardaban en reparar cuatro horas, costándole a la compañía ochocientas horas de paro, y un total de veintemil dólares

## **Efecto sobre la Productividad**

en mano de obra. Después de MPT estos eventos sólo suceden veinte veces al año, y se reparan en menos de una hora, reduciéndose con ello este problema en un noventa y ocho por ciento.

Otro de sus mayores logros fue el restablecimiento de equipo, ya que anteriormente se tenía una hora de paro por cada equipo que necesitaba restablecerse. Actualmente casi no se presentan estos eventos, y cuando los hay el tiempo muerto es mínimo pues los operadores restablecen el equipo en lugar de hacerlo el personal de mantenimiento.

### **6.3.2. Otras empresas que han implementado MPT.**

Podríamos listar más ejemplos ya que desde 1980 varias empresas japonesas norteamericanas y europeas han implementado este sistema. Por ejemplo Japón: Toyota, Nissan. Brasil: Yamaha Motor do Brazil, Mercedes-Benz do Brazil. Europa: Renault, Kimberly Clark U.K. Estados Unidos de América: Eastman-Kodak, Procter & Gamble, AT&T, Ford Motor Company.

Como vemos grandes corporaciones están convencidas de que el potencial de su gente y de su equipo no están siendo aprovechados, y que se puede lograr incrementar la productividad sin tener que mantener al personal presionado, y sin tener que descuidar al equipo. MPT tiene la solución a estos problemas de productividad en la manufactura, el capítulo siguiente revisa la secuencia recomendada que debe seguir una empresa para conseguir implementar MPT de modo que se tenga un sistema robusto y productivo.

## 7. COMO IMPLEMENTAR MPT.

*"Empieza por hacer lo necesario, luego lo que es posible, y de pronto te encontrarás haciendo lo imposible."*

Para llevar a cabo un sistema tan ambicioso como lo es MPT, es necesario tener un plan de desarrollo, de modo que no se descuide ningún punto que pueda hacer que MPT fracase.

A continuación se explican las cuatro etapas de desarrollo sugeridas por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas.

### 7.1 Preparación.

En esta etapa se crea el ambiente necesario para desarrollar el sistema de Mantenimiento Productivo Total. Es importante en esta etapa desarrollar una cultura y actitud apropiadas para que el sistema no tenga ningún problema en su desarrollo. Otro punto importante es que se debe evaluar en que nivel se encuentra nuestra empresa, pues es común que en muchas industrias se estén realizando algunas actividades (Círculos de Calidad, Mantenimiento Preventivo, etc.) que pueden ser adaptadas al sistema que se pretende.

Es muy importante, en este período, revisar las necesidades de la empresa y la situación actual. Por ello un punto clave aquí es tener lo más exactamente posible la información sobre el estado actual de la empresa, ya que en esta etapa se fijarán las metas y políticas a seguir por la empresa, al implantarse el sistema.

#### 7.1.1 La Alta Gerencia Anuncia la Decisión de Introducir MPT.

Es esencial para la implementación de un nuevo sistema que la alta gerencia entienda y acepte los principios y las metas del mismo. Esto no quiere decir que toda la iniciativa la tenga la alta gerencia, sin embargo es necesario que ellos sean los que anuncien la intención y el compromiso, pues con ello se dará la confianza al personal de que se invertirán recursos en el nuevo sistema. Se anunciará después el compromiso total de la empresa con el sistema,

explicando la situación actual de la empresa, reconociendo una necesidad de mejora en todos los niveles de la empresa y dando una pequeña introducción sobre los métodos, y políticas del sistema, enfatizando la necesidad de que todo el personal este involucrado, por último se explicarán los beneficios que traerá el sistema.

Paralelo a las primeras reuniones informativas, la alta gerencia deberá motivar a todo el personal de tres formas:

a) Establecer canales de comunicación directa con la línea de producción, de modo que se tomen en cuenta las ideas del personal. Esto es necesario para MPT, pero es imprescindible en el arranque.

b) Proveer al personal de la información necesaria mediante folletos promocionales, de modo que nadie en la empresa desconozca MPT, así como la intención de la empresa de adoptar este sistema.

c) Crear el ambiente de trabajo propicio para el desarrollo del sistema. Esto requiere el cambio de actitudes autoritarias, hacia actitudes analíticas y participativas respecto a la manera de atacar los problemas en la empresa.

#### 7.1.2. Lanzar una campaña educativa de introducción a MPT.

Ésta campaña de entrenamiento en el sistema debe realizarse tan pronto como se pueda. El objetivo de ella no es únicamente explicar que es MPT, sino también incrementar la moral de los trabajadores, y suavizar la resistencia al cambio.

Es comprensible que alguna parte del personal se resista a cambiar su manera de trabajar, o que piense en que habrá más trabajo con un nuevo sistema. Por ello en estos entrenamientos se dará la información sobre el sistema, y se realizarán ejercicios prácticos que promuevan la participación de los asistentes. Para finalizar el entrenamiento se debe realizar una sesión de dudas donde se pueda contestar al personal sobre los principales problemas que encuentren en el nuevo sistema.

La mejor manera de realizar estos entrenamientos es que los participantes no sean de un solo departamento, ya que esto reduciría la riqueza de los ejercicios realizados en el mismo.

En caso de contar con muchos trabajadores en la línea de producción, se puede invitar algunos trabajadores clave al mismo entrenamiento de los gerentes y supervisores ( 2 a 3 días ). Y hacer entrenamientos más sencillos dirigidos por estos trabajadores clave y sus supervisores, de modo que todo el personal reciba el entrenamiento.

#### 7.1.3. Crear organizaciones para promover MPT.

La estructura promocional debe estar basada en la estructura organizacional de la empresa. Esta estructura será formada por pequeños grupos en los diferentes niveles de la empresa, además de crear un grupo especial de promoción de MPT, de modo que se pueda dar seguimiento a los planes y también escuchar las sugerencias que se obtengan del personal.

En la estructura que se persigue es muy importante que se dé una comunicación, con confianza, en ambos sentidos de la estructura, además de aclarar que aunque el organigrama sea rígido, la estructura de MPT no lo es de manera que algún grupo puede incluir a personal de distinta jerarquía.

#### 7.1.4. Establecer las políticas y metas básicas de MPT.

El grupo de promoción de MPT debe comenzar a establecer las metas y políticas, buscando la mejor adaptación de los principios MPT a la situación de la empresa.

Las políticas consistirán en una serie de estatutos que reflejen la decisión de la compañía a cambiar, el compromiso con el nuevo sistema, los cinco pilares de MPT adaptados a la empresa, y los beneficios que tendrá el sistema en la compañía tanto global como individualmente.

Las metas deberán expresarse de modo que se sepa el que, como, cuanto y cuando de cada meta.

Por ejemplo una política básica puede ser. Reducir las pérdidas eliminando el tiempo muerto debido a fallas y defectos, así como mejorar el equipo y los procedimientos, para evitar

accidentes y mejorar a la compañía tanto en sus utilidades como en el ambiente de trabajo, de modo que sea ésta un ejemplo para la comunidad. La meta no será expresada como eliminar totalmente los defectos y paros, puesto que esto es muy difícil, y no es medible, en lugar de ello se dirá: Reducir el tiempo muerto que actualmente es de "X" horas por mes a un máximo de "Y" horas por mes, para ello se realizarán mejoras al equipo, y se estandarizarán los procedimientos de operación, evaluando se esto dentro de tres meses.

Cabe señalar que las metas podrán ser modificadas sobre la marcha de modo que representen realmente objetivos necesarios y alcanzables.

#### 7.1.5. Formular un plan maestro para el desarrollo de MPT.

La siguiente responsabilidad del grupo de promoción de MPT será establecer un plan maestro de desarrollo, este plan debe incluir todas las actividades necesarias para el éxito del sistema partiendo de la etapa de preparación inclusive.

El plan debe realizarse desde un punto de vista global a la empresa. Al principio, en este plan se presentará solo un pequeño desglose de los doce pasos para la implementación que aquí se explican, pero conforme se vaya desarrollando el sistema se irá desglosando para incluir en él actividades más específicas.

#### 7.2. Implementación preliminar.

Esta etapa es muy pequeña, pero muy importante, ya que en ella se da el paso de arranque formal de MPT, y debe informarse de ello no sólo al personal de la empresa, sino también a las compañías que asesoran o proveen equipo a la empresa. Debe quedar claro en el arranque el compromiso de todo el personal con el nuevo sistema.

#### 7.2.1. Realizar una reunión de arranque del sistema.

El propósito principal de esta junta es dar el empuje inicial al sistema, reiterando el compromiso de todo el personal con el mejoramiento del ambiente de trabajo y con el logro de las metas propuestas por MPT.

A ésta reunión se invitará a todo el personal, y a los proveedores y contratistas más importantes, se incluirá en esta reunión una presentación del plan maestro hecha por el líder del grupo de implementación, y por lo menos dos intervenciones importantes: Una donde algún alto directivo reitere el apoyo con recursos al sistema, destacando la fe que se tiene en la participación de todo el personal para lograr las metas. Y otra donde algún trabajador destaque la importancia de su participación, y la necesidad de mejorar el ambiente de trabajo.

#### 7.3. Implementación.

Se comienzan a llevar a cabo las actividades de desarrollo de MPT, buscando la estabilización del equipo, así como un mayor conocimiento del mismo.

##### 7.3.1. Mejorar la efectividad del equipo.

Esto se realizará formando grupos que atacarán a cada una de las principales pérdidas. Los grupos buscarán la manera de mejorar la efectividad del equipo mediante el siguiente procedimiento de análisis y solución de problemas:

- a) Definir el problema. Examinar a detalle los síntomas y condiciones en que se presenta el problema, así como las partes afectadas.
- b) Hacer un análisis físico del problema. Durante él se tratarán de eliminar las condiciones confusas o ambiguas. Este análisis debe ser totalmente objetivo, buscando evidencias que den con las causas del problema, y buscando llegar a conclusiones que puedan ser explicadas por leyes físicas sencillas.

c) Aislar cada condición que pueda causar el problema. Se deben explorar todas las causas posibles, tratando de determinar como se combinan para producir el efecto que ocasiona el problema.

d) Evaluar el equipo, el material y los métodos. Se deben considerar todos aquellos factores que puedan influir tanto en la causa como en la solución del problema.

e) Realizar un plan de investigación. En ella se medirán los factores clave encontrados durante un periodo determinado.

f) Proponer mejoras.

g) Realizar pruebas sobre las mejoras y en caso de positivo, mantenerlas y documentarlas de modo que se puedan consultar en caso de problemas similares.

### 7.3.2. Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo.

Este programa de mantenimiento autónomo es distintivo de MPT, por ello debe tenerse mucha paciencia en su implementación, ya que muchos operadores creen que tendrán más trabajo, cuando la realidad es que realizarán prácticamente el mismo esfuerzo pero con una labor más completa y productiva.

Este programa busca que el operador del equipo, actúe como lo hace un conductor de automóvil. Es decir el operador debe conocer los principales factores que le indiquen alguna falla, debe mantener las condiciones básicas del equipo, manteniéndolo limpio, inspeccionándolo diariamente, realizando los ajustes menores que requiera, y manteniéndolo lubricado. Dejando al personal de mantenimiento únicamente los servicios mayores, los servicios de emergencia, y las mejoras al equipo. Además al conocer el operador su equipo, ayudará a prevenir problemas mayores al comunicar al personal de mantenimiento sus observaciones y experiencias. Como vemos el personal de mantenimiento será como el mecánico de confianza a donde el conductor lleva su auto para servicio, o para instalarle algún equipo especial.

### 7.3.3. Desarrollar un programa calendarizado de mantenimiento.

Como se ha dicho el personal de mantenimiento actuará como la agencia de automóviles que realiza servicio mayor a un auto e inspecciones programadas para determinar sus condiciones. Por ello es necesario contar con un calendario de servicio para cada equipo.

Es indispensable respetar las fechas de servicio de los equipos, pues de lo contrario, este se deteriorará, y las fallas que surjan saldrán más caras que el haber detenido el equipo para mantenimiento.

El calendario de mantenimiento tendrá tres formas:

a) Mantenimientos mayores (anuales o semestrales) en los cuales se llevarán a cabo mejoras mayores, sustitución de equipos o etapas internas de construcción de proyectos de aumento de capacidad de la planta.

b) Inspecciones generales, y monitoreos especiales de equipo.

b) Mantenimientos menores, los cuales se llevarán a cabo por lo menos una vez al mes, dependiendo del tipo de planta, estos se programarán de acuerdo con los datos obtenidos de las inspecciones generales y las condiciones de operación del equipo.

### 7.3.4. Realizar entrenamientos para mejorar las habilidades operativas y de mantenimiento.

Para que un programa tan ambicioso funcione es necesario que los trabajadores conozcan a la perfección su equipo, y las técnicas de mantenimiento, además de requerir algunas habilidades de apoyo administrativo. Por ello es indispensable contar con entrenamientos periódicos.

Los entrenamientos proporcionarán al trabajador además de mayor capacidad en su trabajo, la sensación de tener un trabajo más completo, pues ahora sabrán porque tiene que operar su equipo bajo ciertas condiciones, y los riesgos que corren bajo cierta manera de operarlo, etc.

Los entrenamientos deben preferentemente realizarse dentro de la planta, incluyendo prácticas que simulen las condiciones del equipo, o de ser posible interactuar directamente con el equipo del que se está aprendiendo, supervisado por el instructor. Esto es clave para que los entrenamientos den una efectividad mayor en un corto plazo.

La compañía necesitará primero en invertir en instructores, que pueden ser trabajadores veteranos con cierta preparación técnica y pedagógica previa. Poco a poco se debe ir formando un centro de entrenamientos que incluya talleres de práctica con muestras de equipos de la planta, y diagramas de los equipos que no se puedan conseguir por su alto costo.

Se iniciará con los entrenamientos técnicos más urgentes, que pueden ser habilidades básicas de mecánica y electricidad para apoyar a los operadores que realizarán el mantenimiento autónomo. Además de algunos cursos más avanzados para los técnicos de mantenimiento. Posteriormente deben implementarse cursos de habilidades operativas, donde se muestren tanto las funciones de cierto puesto operativo, como las responsabilidades de este y las técnicas necesarias para desarrollar esta función; estos cursos son indispensables para lograr estandarizar las condiciones de operación del equipo. Por último se implementarán cursos de apoyo, que pueden ser: uso de herramientas de calidad total, uso de microcomputadoras, etc. Los cuales darán a los operadores los conocimientos necesarios para poder analizar y expresar la situación de sus equipos y como se coseguirá mejorarla.

#### 7.3.5. Desarrollar un programa de mantenimiento temprano.

Ha sucedido en algunas industrias que algún proyecto importante para incrementar la capacidad de la planta, sea diseñado totalmente fuera de la misma, sin consultar con el personal operativo y de mantenimiento de la misma, pues se piensa que ellos no conocen sobre nuevas tecnologías y consultarlos sólo sería perder el tiempo. Sin embargo esta manera de llevar un proyecto provoca la mayoría de las veces fallas en el equipo, debido a que alguna condición especial de operación no se tomó en cuenta, o bien el equipo incluye ciertas refacciones que son muy difíciles de conseguir, o bien el acceso a cierta pieza importante es imposible etc. De modo que la curva de arranque del proyecto es muy larga, provocando serias pérdidas. Por ello MPT busca que en todo proyecto se forme un equipo multifuncional para el desarrollo del mismo, de modo que no sólo participe la gente que diseña o respalda el proyecto, sino también la gente que lo va a construir, la que lo va a operar y la que lo va a mantener.

A continuación se presenta una propuesta para el manejo de proyectos de modo que pueda diseñarse equipo con condiciones de operación establecidas, y mantenimiento mínimo desde un principio, asegurando que el equipo operará correctamente desde su primer arranque. Esta propuesta consta de tres fases:

a) **Comisión:** En ella se forma el grupo multifuncional que dará seguimiento al proyecto, se revisarán los diseños propuestos, y en caso de detectar algún problema se sugerirán mejoras. Se iniciará la construcción, y el grupo de seguimiento revisará que esta se lleve a cabo cumpliendo con los requisitos propuestos en el diseño, y buscando la mínima afectación sobre el equipo y la operación actual de la planta. Esta etapa termina cuando se tiene completo e instalado el equipo deseado, y se le han realizado las pruebas estáticas y dinámicas requeridas.

b) **Calificación:** Con el equipo instalado se iniciará esta etapa en la que se evaluará si el equipo opera y da los resultados que han sido propuestos, checando condiciones de operación contra condiciones de diseño, por ejemplo velocidades. Además se checarán detalles sobre los problemas que presente el equipo o que puedan ocasionarte fallas mayores. Esta etapa se termina cuando se comprueba que el equipo cumple la función para la cual fue construido, y se tiene una lista de mejoras propuestas para evitar fallas del mismo.

c) **Verificación:** En esta última etapa se realizan las mejoras propuestas en la calificación, y se busca la estabilización de la operación y mantenimiento del nuevo equipo de modo que forme parte integral de la planta, y no sea tomando en cuenta como un equipo especial, de modo que sea operado y mantenido como lo es el equipo más viejo o popular de la planta..

Es muy importante seguir esta secuencia, y documentarla, de modo que si se requiere instalar en algún momento otro equipo similar, se puedan conocer los riesgos de esto y prevenirlo. Además si terminada la etapa de verificación se presentará alguna falla, la documentación de problemas hecha en estas etapas ayudará a resolver rápidamente y eliminar cualquier pérdida.

#### 7.4. Estabilización.

Es importante en esta etapa perfeccionar el esfuerzo hecho en las anteriores. Después de haber realizado todas las actividades de desarrollo de MPT, es necesario realizar un análisis global sobre el esfuerzo realizado en las etapas anteriores, en él se podrá ver cada paso que haya llevado a la consecución de las metas establecidas en un principio. Por último es indispensable que la empresa busque nuevas metas, y mejoras para evitar que el sistema decaiga.

##### 7.4.1. Implementación total de MPT, apuntando hacia mayores metas.

En este periodo se contará con todo lo necesario para el éxito de MPT, por ello es importante un seguimiento continuo sobre el impacto que ha tenido cada una de las etapas anteriores, y las mejoras propuestas en ellas sobre las metas iniciales. La mayor dificultad en esta etapa es el caer en un estado de reposo, creyendo que ya se ha realizado suficiente. Por ello es indispensable marcar que tan cerca estamos de las metas, y reconocer el esfuerzo de cada empleado, pero también es indispensable fijar metas más altas, para que todo el personal sepa que hemos cumplido con un reto difícil, pero aún hay más por mejorar.

Como vemos para implementar MPT en cualquier industria sólo se requiere seguir esta secuencia de pasos, desarrollando las actividades explicadas en el capítulo cinco, las cuales nos ayudarán a maximizar la eficiencia del equipo, como lo explica el capítulo cuatro, y finalmente reeditarán los beneficios explicados en el capítulo anterior.

A continuación se presenta un resumen del plan de implementación de MPT.

<b>Modelo de Implementación de MPT</b>			
	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>
<b>Etapa 1 Preparación</b>			
Realizar un análisis sobre la situación de la empresa.			
Establecer puntos de referencia			
Fijar políticas y metas MPT.			
Desarrollar plan maestro de desarrollo MPT			
Anunciar a los empleados			
Crear organización MPT			
Sesiones educativas MPT			
Programa promocional MPT			
<b>Etapa 2 Implementación preliminar</b>			
Junta de arranque MPT			
<b>Etapa 3 Implementación.</b>			
Grupos de mejoramiento de equipo			
Grupos Piloto			
Grupos en toda la planta.			
Mantenimiento Autónomo			
Pasos 1 al 3			
Pasos 4 al 6			
Capacitación y entrenamiento			
Operadores			
Trabajadores de mantenimiento.			
Programa Planeado de mantenimiento.			
Mejorar operaciones de mantenimiento.			
Sistema de mantenimiento temprano del equipo			
Llevar MPT a las funciones de soporte			
<b>Etapa 4 Estabilización</b>			
Evaluación de Metas			
Programas para robustecer el sistema.			
Fijación de metas más altas.			

### 8. CONCLUSIONES

*"...en el futuro próximo tendrán lugar nuevos y más notables avances en el área de mantenimiento: Los mecánicos de mantenimiento serán especialistas altamente adiestrados, con una capacidad técnica equivalente a un título profesional universitario. Más supervisores de mantenimiento serán ingenieros graduados. El director general de mantenimiento tendrá un rango de alto funcionario. Las operaciones que comprendan sistemas sumamente técnicos y complejos serán controladas por ingenieros de mantenimiento, integrándose el mantenimiento a la función de producción. Las técnicas preventivas y correctivas de mantenimiento mejorarán a través de procedimientos más refinados de comprobación y control, utilizando el control por computadoras de tiempo real, para eliminar o predecir fallos y paros de equipo. La maquinaria se fabricará de modo que se reduzca al mínimo el mantenimiento, recurriendo para ello a un mejor diseño, componentes más confiables, ajustes automáticos, etcétera. Los componentes modulares serán partes de las máquinas mismas, a efecto de que puedan remplazarse con facilidad antes de que ocurra un fallo, y ser reparados fuera de línea. Se utilizarán computadoras para controlar partes de repuesto, materiales y accesorios, así como para programar la fuerza humana de mantenimiento."*

*E.T. Newbrough 1967.*

La productividad y la competencia internacional han llegado a ser importantes asuntos de todas las empresas de manufactura del mundo. Sin embargo la pregunta ha sido: ¿Cómo podemos incrementar la productividad con una pequeña inversión?. Las grandes compañías han comenzado a contestar esta pregunta con la reorganización de la gente y el equipo, de modo que cada cual este en sus mejores condiciones, y con ello se trabaje al mayor potencial posible.

Antes de MPT existieron programas de calidad que buscaban la participación de los empleados, sin embargo muy pocos triunfaron debido a la falta de acciones claras de los diferentes niveles de las empresas. Ya que a pesar de estar buscando calidad, la presión productiva hacia que estos programas decayeran. Además se cometía otro error, cada departamento actuaba sólo con su programa, y no se alcanzaban soluciones correctas por falta

de conocimiento de la acción con que un departamento podía auxiliar a la resolución de un problema.

Otro de los problemas con que la industria se ha enfrentado ha sido la automatización, pues no es sólo sustituir personas por máquinas, sino que el equipo nuevo debe dar más confiabilidad a la operación. En muchas empresas se ha dado el caso de que al ser automatizadas se despide personal valioso sin lograr un incremento en productividad significativo. Es por ello que el sistema que la industria requiere es aquel en el que se aprovechen tanto los avances tecnológicos como la experiencia y el potencial del personal.

Tanto la evolución tecnológica como la evolución de la administración hacia el logro de sistemas más productivos y eficientes, se conjugan en MPT. Este sistema contiene los puntos de vista de vanguardia tanto en el aspecto científico, económico y social. En este fin de milenio la ciencia ha venido a darse cuenta de que es imposible utilizar actitudes deterministas, y reduccionistas, ya que los últimos descubrimientos han mostrado que pequeñas causas, pueden provocar reacciones caóticas, las cuales pueden ser prevenidas tomando un punto de vista holístico, sobre el cual se estudiará el efecto de cada elemento, y sus relaciones. MPT sostiene este mismo enfoque en cuestiones de equipo, ya que propone ver al equipo como un todo, y busca eliminar pequeñas fallas para evitar que en algún momento se combinen provocando el caos total en una planta productiva

En lo económico, MPT busca la reducción de costos mediante la administración por valor agregado, de modo que no solo aumenten las utilidades de la empresa, sino también aumente su capacidad para reinvertir el dinero en investigación y desarrollo de mejores procesos. Y otra cosa importante es que al administrar por valor agregado es posible dar al consumidor productos de calidad a precios más bajos, mejorando con ello el nivel de vida de la comunidad.

En lo social, vemos que los sistemas autoritarios decaen por que la gente quiere participar, y ya no esta dispuesta a realizar las cosas sólo por que las dice alguien de mayor jerarquía, en este fin de siglo sólo los líderes que buscan el progreso conjunto están triunfando, y sus técnicas han dejado de ser autoritarias para estar más atentos a las sugerencias de los demás y promover un

trabajo en grupo, pues la complejidad de los problemas no permite el aislamiento. Además los trabajadores exigen ser tratados como personas y no como máquinas, y es aquí donde los nuevos líderes están logrando éxitos inusitados. MPT tiene esta tendencia ya que ve al equipo como un problema y al personal como una oportunidad.

MPT tiene 4 características que lo hacen ser un sistema avanzado para mejorar la productividad en la industria.

- MPT Tiene metas ambiciosas que conjuntan tanto las metas de la empresa como los intereses del personal. Con lo cual provoca que la gente busque dar más.

- MPT Tiene una estructura que compromete por igual a todo el personal y fomenta la participación y la cooperación. Con ello se evitan problemas personales por que todos trabajan con el mismo entusiasmo hacia el logro del objetivo.

- MPT Da acciones claras para lograr los objetivos y tiene un sistema de medición con el cual se pueden definir y evaluar adecuadamente los avances..

- MPT Requiere una pequeña inversión. Pues tanto el equipo como la gente ya están en la empresa.

Como hemos visto a lo largo de esta tesis, el sistema de Mantenimiento Productivo Total es una solución a los problemas actuales de productividad en manufactura. Pues toma en cuenta los cuatro factores que ocasionan baja productividad desde un punto de vista singular:

- MPT toma al hombre como el potencial para analizar y resolver problemas, eliminando pequeñas fallas antes de que crezcan, pero busca que para ello este preparado, y tenga la información necesaria.

- MPT ve a la maquinaria como un problema, pero la estudia y cuida utilizando el razonamiento de que sólo de esta manera funcionará adecuadamente, ya que los problemas no los tiene el equipo en sí mismo, sino en el mal uso y cuidado del mismo.

- MPT utiliza a la administración como una herramienta que busque incrementar el valor agregado del producto, dando a los trabajadores las condiciones de trabajo necesarias, y manteniendo la motivación en todo el personal de la empresa.

## Conclusiones

- MPT por último, mejora los métodos mediante la evaluación por grupos de trabajo expertos, buscando una mejora continua en ellos..

Resumiendo MPT es sentido común aplicado a las plantas de manufactura. Porque para cualquier persona está claro que la gente necesita un ambiente de trabajo donde se desarrolle íntegramente para trabajar mejor, y que la maquinaria solo dará su máximo cuando tenga sus óptimas condiciones. Sólo que en MPT este sentido común está plasmado como acciones concretas hacia el logro de metas elevadas.

Nota: Este trabajo se ha enfocado a la descripción de un nuevo sistema para administrar plantas de manufactura, este es uno de los mayores campos de acción del ingeniero químico, por lo cual se recomienda la utilización de esta tesis como guía en futuros cursos de educación continua sobre administración de plantas de manufactura.

## Bibliografía.

*"...los libros tienen la palabra..."*

Newbrough E.T:  
Administración de mantenimiento industrial  
Editorial Diana  
México 1989.

Morrow L.C:  
Manual de mantenimiento industrial  
Compañía Editorial Continental  
México 1982

Dounce E.  
Administración en el mantenimiento  
Compañía Editorial Continental  
México 1992

Nakajima S.  
Introduction to total productive maintenance.  
Productivity Press Inc.  
Cambridge M.A: U.S.A. 1988

Nakajima S.  
Implementing total productive maintenance.  
Productivity Press Inc.  
Cambridge M.A: U.S.A. 1989

Crosby P.  
Quality is free  
McGraw Hill Book Co.  
New York U.S.A. 1983

Wehrich. H.  
Excelencia Administrativa, Productividad a través de APO.  
Editorial Limusa.  
México 1987.

Raia A.P.  
Administración por Objetivos.  
Editorial Trillas.  
México 1985

Ouchi W.  
Teoría Z  
Fondo Educativo Interamericano.  
México 1982.

